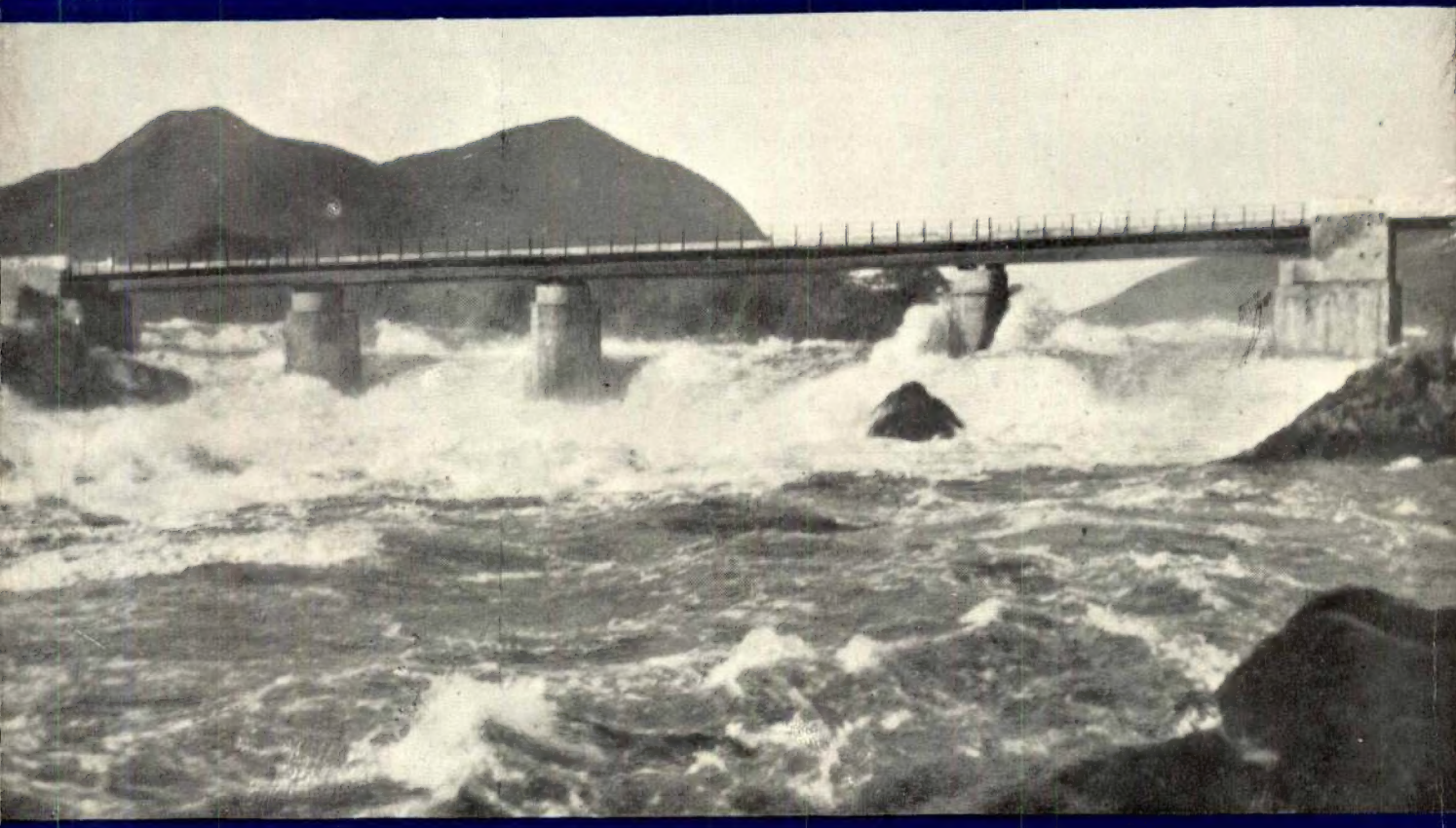
TÉCNICA



REVISTA DE ENGENHARIA
DOS ALUNOS DO I.S.T.

N.º 121-Junho-1941

União Eléctrica Portuguesa

S. A. R. L.

Rua Duque de Loulé, 240

PORTO

Telef. 2 830 P. B. X. e 90 Est.

CAPITAL { Acções . . . . 40.000 contos
Obrigações . . . 25 000 contos

ELECTRICIDADE DO LINDOSO

FORÇA { instalada { hidráulica . 40.000 CV
térmica (reserva) 22.000 CV
já contratada . . . . . 30.000 CV
disponível . . . . . 10.000 CV

A **União Eléctrica Portuguesa** distribui e vende electricidade nos **distritos** de VIANA DO CASTELO, BRAGA, PORTO, AVEIRO, COIMBRA, VISEU e de LEIRIA, pela mais extensa rêde de alta tensão em Portugal (mais de 1 000 kms), levando fôrça motriz às FÁBRICAS e luz a CIDADES, VILAS, ALDEIAS e LOGARES

A **U. E. P.** facilita a electrificação de Fábricas e oferece as maiores vantagens nas suas tarifas

Consultar a **U. E. P.** e consumir a **energia do Lindoso** é **proveitoso negócio**

CIMENTO

SECIL

Fabricado pelos mais modernos processos e preferido para todos os trabalhos de responsabilidade.
Sacos de papel ou de juta com 50 Kg.
Barricas de 180 Kg.

S E C I L

COMPANHIA GERAL DE CAL E CIMENTO
RUA DO COMERCIO, 56, 3.º
LISBOA

Cimento «Liz» hidrofugado «N»

PRÓPRIO PARA

IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS

REBOCOS, FUNDAÇÕES, PAREDES, ETC.

Substitue com vantagem de ordem técnica e económica todos os impermeabilizadores conhecidos.

Em sacos de papel de 50 quilos

Peçam instruções para o seu emprêgo

Sede: Rua do Cais de Santarém, 64, 1.º — LISBOA
Filial: Rua de Santo António, 190-A, 1.º — PORTO

Agentes em todo o País

NÚMERO
121
Junho — 1941

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS
ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Redacção e Administração: AV. ROVISCO PAIS, IST / LISBOA-N. / TEL. 49144 (linha 50)

DIRECTOR
CARLOS KRUS ABECASIS
ADMINISTRADOR
NUNO ABRANTES
BIBLIOTECÁRIO
LUIS DE ALMEIDA ALVES
CORPO REDACTORIAL
Vasco Mendes de Sousa
José Faria da Fonseca Santos
Militão Rosa Pereira
Silvério da Silva

NÚMERO AVULSO 5$00
ASSINATURAS:

	3 N.os	6 N.os	12 N.os
Continente e Ilhas	12$00	23$00	44$00
Colónias Portuguesas e Espanha...	—	30$00	55$00
Estrangeiro...	—	40$00	70$00

EDITOR E PROPRIETÁRIO
ASS. DOS ALUNOS DO I. S. T.

COMPOSTO E IMPRESSO
NAS
OFICINAS FERNANDES
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

SUMÁRIO

Capa — Ponte de Caminho de Ferro na região de Ganda — Alto Catumbela.

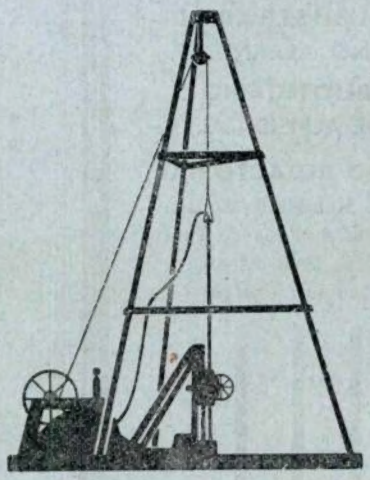
		Págs.
Como devem preparar-se os futuros engenheiros	Prof. Eng. Ferreira Dias . .	409
O cálculo do betão armado aplicado aos edifícios	Eng. Civil J. de Cang . . .	410
Locomotivas Diesel	Olímpio Coelho da Rocha	437
Questões de alta pressão	F. de Almeida e Castro . .	442
Pontos Modelos de Exame de Aptidão	. . . . .	445
Mundo Técnico	. . . . .	451
Notas Bibliográficas	. . . . .	453
Publicações recebidas	. . . . .	453

Sondages. Etanchements. Consolidations "Procédés Ródio"

Sondagens geológicas
Estudo da resistência e permeabilidade de terrenos; laboratório geofísico
Consolidação e impermeabilização de terrenos e alvenarias por meio de injecções de cimento, produtos químicos, emulsão betuminosa Shellperm, etc.
Estacas de beton armado, sistema **Ródio** sem fazer trepidar o solo
Rebocos comprimidos por «**cement gun**»
Fundações em terrenos difíceis por congelação artificial, ou baixando o nível da água friática.

Sociedade Anónima com séde em PARIS

As melhores referências no paiz e no estrangeiro



Engenheiro delegado para Portugal

Walter Weyermann

P. do Município, 32-2.º--LISBOA Tel. 2 8685

"LUSALITE"

fibro-cimento nacional

EM

INCOMBUSTÍVEL
LEVE
RESISTENTE
ISOLADOR
IMPUTRESCÍVEL

Tubos para pressões hidráulicas de 3 a 12 K.os/cm.2
Chapas onduladas para coberturas
Chapas lisas para revestimento de tetos, tabiques, etc.
Produtos da Sociedade Portuguesa de Fibro-cimento

ÚNICOS CONCESSIONÁRIOS:

CORPORAÇÃO MERCANTIL PORTUGUESA, L.da

Rua de S. Nicolau, 123

Telefones: 2 2091 — 2 2092 — 2 2093 — **LISBOA** — Telegramas: Lusalite

— Uma —
Impermeabilização
perfeita
obtem-se com

SIKA

nas construções urbanas, industriais
e obras hidráulicas

SUPRIME HUMIDADES
EVITA INFILTRAÇÕES

FABRICANTES:
KASPAR WINKLER & C.°
Zürich — Altstetten (Suissa)

AGENTE-DEPOSITÁRIO EM PORTUGAL:
CARLOS ABREU BAPTISTA
Rua da Emenda, 111, 1.°—LISBOA
Telefone 2 6902

EMULSÕES

de asfalto para estradas

Todos os tipos e percentagens

TELEFONE 2 0879
Telegramas: Epalda—LISBOA

FÁBRICA EM SACAVÉM

A

Standard Electrica

TEM PARA ENTREGA IMEDIATA

ANALISADORES INDUSTRIAIS E DE RÁDIO—VOLTÍMETROS E AMPERÍMETROS PARA QUADROS
INSTRUMENTOS PADRÃO PARA LABORATÓRIOS—PINÇAS AMPEREMÉTRICAS
VERIFICADORES DE VÁLVULAS—OSCILADORES

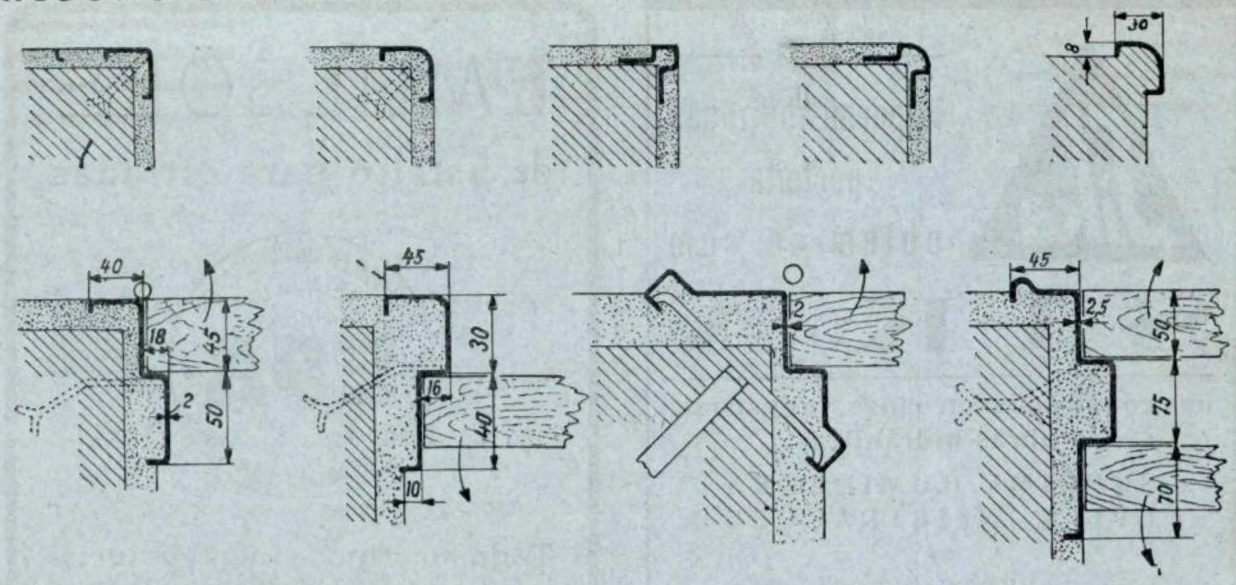
WESTON

MEGGERS PARA PROVA DE ISOLAMENTOS, PONTES WHEATSTONE
preparadas para a prova de linhas e cabos.
OSCILÓGRAFOS DE RAIOS CATÓDICOS,
RESISTÊNCIAS, GRUPOS ELECTROGÉNIOS,
CONDENSADORES, SOLDA RESINOSA, ETC.

das principais marcas

Telefones: P. B. X. 2 3111, 2 3112 e 2 3113 — Rua Augusta, 27 — LISBOA

ALGUNS EXEMPLOS DOS PERFIS QUE SE PODEM REALIZAR



LISBOA **FÁBRICA PORTUGAL**

FABRICAÇÃO DE PERFIS DE CHAPA PARA TODOS OS GENEROS DE TRABALHOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

UMA REVOLUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Granulados de mármores

para exportação e para o país

Mosaicos de granulados de mármore

OS MAIS BONITOS
OS MAIS RESISTENTES
OS MAIS VANTAJOSOS

Soc. Portuguesa CADAN

Rua D. Estefania, 42

Telefone 47812 — Lisboa

FILIAL NO PÔRTO:

PRAÇA DA BATALHA, 90, 2.º

Tabelas

para o Cálculo

do Betão Armado

Elaboradas em completo acôrdo com o Regulamento Português do Betão Armado

PELO ENGENHEIRO

FERNANDO VASCO COSTA

Á venda na redacção da TÉCNICA

TÉCNICA

CARLOS KRUS ABECASIS
DIRECTOR

ANO XVI - N.º 121 JUNHO 1941

Como devem preparar-se os futuros engenheiros

O lábaro duma «ordem nova» tremula hoje em todos os continentes. Não é uma conseqüente nevrose a ânsia que ferve no espírito do escol dos universitários portugueses.

Dentro do I. S. T. é auspiciosa a «élite» que se preocupa com a missão grave que espera os futuros engenheiros, decidida a impedir uma perigosa desfasagem escolar.

Daqui o inquérito da Secção Cultural da A. E. I. S. T., que provocou, entre mais, o belo documento que abaixo se insere.

Subscreve-o o Senhor Prof. Eng. Ferreira Dias, actual Sub-Secretário de Estado do Comércio e Indústria.

Honra grande para a Associação, a resposta de Sua Excelência.

O denodo eficiente com que se bateu no campo electrotécnico e o renome que aureolou a sua cadeira de Professor são garantias de crédito ilimitado.

A Direcção da Associação dos Estudantes do I. S. T.

Não pode ser uniforme o género de cultura necessário a todos os engenheiros — encarada essa cultura no ponto de vista da sua utilidade no exercício da profissão. Creio ser êste o aspecto que se considera.

Na vida profissional cada um toma o seu rumo, consoante a vocação ou, mais geralmente, consoante a oportunidade; e, marcado êste rumo, o trabalho do engenheiro limita-se, na grande maioria dos casos, a um campo muito mais restrito do que o curso que tirou — mesmo quando êste é especializado. Em não reflectirem nesta circunstância reside o êrro daqueles que advogam a fusão de alguns dos cursos actuais do nosso Instituto.

Debaixo do aspecto que nos interessa agora, a actividade dos engenheiros, pelo menos nos Cursos de Electricidade e de Mecânica, pode ter duas modalidades, a que devem corresponder tipos de cultura um tanto diferentes: o *engenheiro de execução* que vive em contacto directo com os pormenores práticos da técnica, e o *engenheiro de gabinete* que se dedica a assuntos de feição teórica ou directiva. Importa salientar que por «feição directiva» quero significar «técnico-directiva» que também é engenharia; não me refiro à profissão daqueles que são pessoas de haveres e, como tal, administram bancos ou companhias de seguros, onde não há engenharia nenhuma.

Não é possível fixar exactamente onde acaba uma actividade do engenheiro e onde começa a outra, porque muitas vezes se sobrepõem; quis apenas, com esta classificação, definir os dois polos entre os quais se estabelece o campo da engenharia — para falar em linguagem electrotécnica.

A todos é essencial a cultura da Matemática, da Física e da Língua Portuguesa; considero boa preparação cultural aumentar o treino das matemáticas que se aprenderam, ler os clássicos da nossa língua e insistir em exercícios de redacção — que é freqüentemente deplorável.

A todos, mas principalmente aos primeiros, interessa a cultura técnica actualizada, obtida no folhear atento das revistas da especialidade; e ainda a todos, mas especialmente aos segundos, interessa uma sólida cultura económica — da economia nacional e da economia mundial.

É ainda útil a todo o engenheiro certa prática de falar línguas estrangeiras — não bastando lê-las, mas também não sendo preciso ir a grandes apuros de fonética; e convém ainda, embora em menor grau, uma pontinha de Filosofia — sobretudo Lógica.

Termino por assinalar que o engenheiro tem um importante papel social de que nunca deve esquecer-se: melhorar as condições de vida dos seus subordinados e cuidar de defendê-los nas suas aspirações legítimas; êste aspecto social poderá incluir-se com proveito na preparação de todo o dirigente.

Aqui fica um vasto plano cultural de que cada um aproveitará o que fôr mais grato à sua formação de espírito.

FERREIRA DIAS

O CÁLCULO DO BETÃO ARMADO APLICADO AOS EDIFÍCIOS

POR
J. DE CANG
Engenheiro civil
Professor da Universidade do Trabalho de Charleroi

(Continuação do n.º 120)

Cálculo e Repartição dos Estribos

O cálculo e a repartição dos estribos podem ser feitos a partir do diagrama dos momentos flectores, ou do dos esforços transversos.

a) PRIMEIRO MÉTODO:

PARTINDO DO DIAGRAMA DOS MOMENTOS FLECTORES

Consideremos o elemento de viga, de secção rectangular, representado na fig. 36.

Designemos por M_o M_1 M_2..... M_n os momentos flectores, respectivamente nas secções dos estribos s_o s_1 s_2..... s_n.

Vamos supor, como sucede na prática, que todos os estribos tem a mesma secção:

$$s_o = s_1 = s_2 \ldots\ldots = s_n .$$

O esfôrço máximo de escorregamento entre as duas secções transversais S_o e S_n é dado pela expressão (32):

$$G_{o-n} = \frac{Mn - Mo}{b}$$

Como as tensões de tracção devidas ao esfôrço transverso, são iguais às tensões de escorregamento nos mesmos pontos, esta expressão dá-nos igualmente o valor do esfôrço total de tracção para o qual é necessário calcular os estribos compreendidos entre as duas secções transversais S_o e S_n.

Para se obter a secção dos estribos, bastará dividir o esfôrço de escorregamento G_{o-n} pelo limite de fadiga admitido para o aço:

$$(s_o + s_1 + s_2 \ldots + s_n) = \frac{G_{o-n}}{t} = \frac{Mn - Mo}{tb}$$

Passemos agora à determinação da distância entre estribos.

Como os estribos têm todos a mesma secção, a sua repartição deverá ser tal que o esfôrço máximo de escorregamento entre dois estribos consecutivos seja constante. Com efeito o estribo s_o, por exemplo, deve poder absorver o esfôrço máximo de escorregamento entre s_1 e s_o.

Donde:

$$s_o = \frac{M_1 - M_o}{tb}$$

anàlogamente:

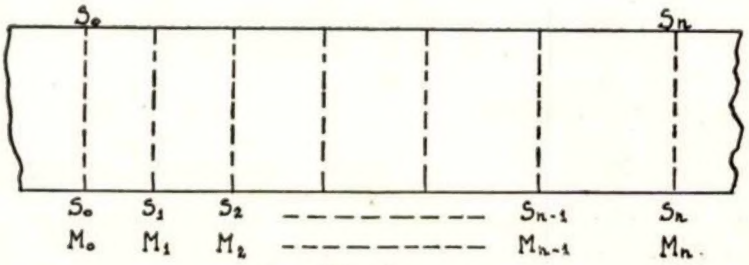


Fig. 36

$$s_1 = \frac{M_2 - M_1}{tb}$$

$$s_2 = \frac{M_3 - M_2}{tb}$$

etc.

Ora

$$s_0 = s_1 = s_2 = s_3 \ldots\ldots\ldots\ldots$$

donde:

$$\frac{M_1 - M_0}{tb} = \frac{M_2 - M_1}{tb} = \ldots\ldots\ldots$$

ou ainda:

$$M_1 - M_0 = M_2 - M_1 = \ldots\ldots\ldots\ldots$$

A curva representativa dos momentos flectores é uma parábola (fig. 37).

O esfôrço máximo de escorregamento entre o meio da viga e um dos apoios, tem como valor:

$$G = \frac{\frac{pl^2}{24} - \left(-\frac{pl_2}{12}\right)}{b} = \frac{\frac{pl^2}{8}}{b}$$

Se distribuirmos cinco estribos em meio vão da viga, a secção s de um estribo será igual a:

$$s = \frac{G}{5t}$$

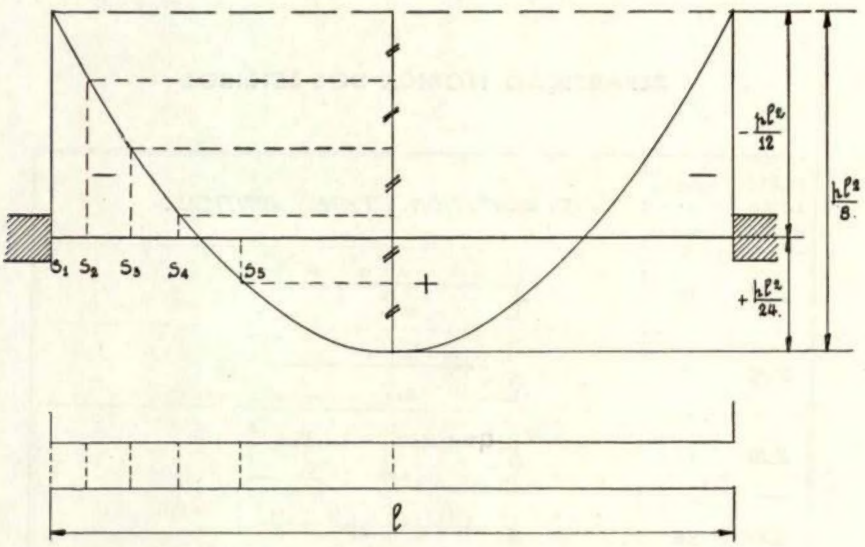


Fig. 37

A distância entre os estribos deverá ser tal que a diferença entre os momentos flectores, nas secções de dois estribos consecutivos, seja constante.

Para determinar a posição dos estribos compreendidos entre as duas secções transversais S_0 e S_n, bastará dividir em tantas partes iguais quantos os estribos, a diferença das ordenadas da curva dos momentos flectores, nos pontos S_0 e S_n, e traçar horizontais pelos pontos de divisão. Estas horizontais cortarão a curva dos momentos flectores em pontos que, em relação ao eixo da viga, determinarão a posição dos estribos.

Vamos, por exemplo, determinar a posição dos estribos numa viga encastrada nas duas extremidades e uniformemente carregada.

em que t representa a tensão da tracção máxima admitida para o aço.

Esta secção poderá ser obtida com estribos de dois ou mais ramos de 5, 6, 8 ou 10 mm de diâmetro.

Para determinar a posição dos estribos, bastará dividir a flecha da parábola dos momentos flectores em cinco partes iguais e traçar horizontais pelos pontos de divisão. Estas horizontais cortarão a parábola em pontos que, em relação ao eixo da viga, determinarão a posição dos estribos.

N. B. — Torna-se necessário colocar alguns estribos na parte central da viga de modo a não ultrapassar as distâncias máximas indicadas adiante.

As Tabelas III e IV indicam o número e a repartição dos estribos para vigas de diferentes vãos, uniformemente carregadas.

Estas Tabelas também são aplicáveis, não só a vigas apoiadas, mas também a vigas parcial ou perfeitamente encastradas.

Nas Tabelas V e VI, modificámos ligeiramente as distâncias teóricas entre estribos de modo a obter uma repartição mais prática.

Para isso, dividimos a viga em vários troços e conservámos em cada trôço uma repartição uniforme de estribos.

TABELA III

REPARTIÇÃO TEÓRICA DOS ESTRIBOS

PORTEE DE LA POUTRE.	NOMBRE D' ETRIERS	REPARTITION TYPE VERTICAL.
1.90	16	7 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 | 18 | 24. — 95
2.00	17.	6 | 7 | 8 | 8 | 10 | 11 | 15 | 35 — 1.00
2.10	17	7 | 7 | 8 | 8 | 10 | 12 | 16 | 37. — 1.05
2.20	18	7 | 7 | 8 | 8 | 9 | 11 | 14 | 19 | 27. — 1.10
2.30	19.	6 | 7 | 8 | 8 | 9 | 10 | 13 | 16 | 38. — 1.15
2.40	19.	7 | 7 | 8 | 8 | 10 | 11 | 13 | 16 | 40 — 1.20
2.50	20.	7 | 7 | 8 | 8 | 9 | 10 | 12 | 14 | 21 | 29. — 1.25
2.60	21.	7 | 7 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 13 | 17 | 41. — 1.30
2.70	21.	7 | 7 | 8 | 9 | 10 | 10 | 12 | 14 | 16 | 40 — 1.35
2.80	22	7 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 11 | 12 | 15 | 24 | 30 — 1.40
2.90	23.	7 | 7 | 7 | 8 | 9 | 9 | 10 | 12 | 14 | 18 | 44. — 1.45

TABELA IV

REPARTIÇAO TEÓRICA DOS ESTRIBOS

PORTEE DE LA POUTRE.	NOMBRE D' ETRIERS	REPARTITION TYPE VERTICAL.
3.00	23	7 | 7 | 7 | 9 | 9 | 10 | 11 | 12 | 15 | 18 | 45. — 1.50
3.10	24	7 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 | 11 | 13 | 16 | 24 | 35 — 1.55
3.20	25	7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 9 | 10 | 11 | 13 | 15 | 19 | 45 — 1.60
3.30	25	7 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 | 12 | 12 | 16 | 20 | 47 — 1.65
3.40	26	7 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 17 | 25 | 34 — 1.70
3.50	27.	7 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 10 | 11 | 13 | 15 | 20 | 49 — 1.75
3.60	27.	7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 15 | 16 | 20 | 50 — 1.80
3.70	28.	7 | 7 | 7 | 8 | 9 | 9 | 9 | 11 | 11 | 12 | 15 | 18 | 26 | 36 — 1.85
3.80	29.	7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 | 1. | 12 | 13 | 17 | 21 | 50 — 1.90
3.90	29.	7 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 10 | 11 | 12 | 14 | 18 | 22 | 51 — 1.95
4.00	30	7 | 7 | 7 | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 | 11 | 12 | 14 | 14 | 19 | 28 | 37. — 2.00

TABELA V

REPARTIÇÃO PRÁTICA DOS ESTRIBOS

PORTEE DE LA POUTRE	NOMBRE D' ETRIERS	REPARTITION TYPE VERTICAL.
1.90	16.	10 | 10 | 10 | 10 | 15 | 15 | 15 | 10 — 95
2.00	17.	10 | 10 | 10 | 10 | 15 | 15 | 15 | 15 — 1.00
2.10	17.	10 | 10 | 10 | 10 | 15 | 15 | 15 | 20 — 1.05
2.20	18.	10 | 10 | 10 | 10 | 15 | 15 | 15 | 15 | 10 — 1.10
2.30	19.	10 | 10 | 10 | 10 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 — 1.15
2.40	19.	10 | 10 | 10 | 10 | 15 | 15 | 15 | 15 | 20 — 1.20
2.50	20.	10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 15 | 15 | 15 | 20 | 10 — 1.25
2.60	21.	10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 15 | 15 | 15 | 15 | 20 — 1.30
2.70	21.	10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 15 | 15 | 15 | 20 | 20 — 1.35
2.80	22.	10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 15 | 15 | 15 | 15 | 20 | 10 — 1.40
2.90	23	10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 20 — 1.45

TABELA VI

REPARTIÇÃO PRÁTICA DOS ESTRIBOS

PORTEE DE LA POUTRE	NOMBRE D ETRIERS	REPARTITION TYPE VERTICAL
3.00	23.	10 10 10 10 10 15 15 15 15 20 20 — 1.50
3.10	24.	10 10 10 10 10 10 15 15 15 20 20 10 — 1.55
3.20	25	10 10 10 10 10 10 15 15 15 15 20 20 — 1.60
3.30	25.	10 10 10 10 10 10 15 15 15 20 20 20 — 1.65
3.40	26.	10 10 10 10 10 10 15 15 15 15 20 20 10 — 1.70
3.50	27.	10 10 10 10 10 10 15 15 15 15 15 20 20 — 1.75
3.60	27.	10 10 10 10 10 10 15 15 15 15 20 20 20 — 1.80
3.70	28	10 10 10 10 10 10 10 15 15 15 20 20 20 10 — 1.85
3.80	29	10 10 10 10 10 10 10 15 15 15 15 20 20 20 — 1.90
3.90	29	10 10 10 10 10 10 10 15 15 15 20 20 20 20 — 1.95
4.00	30	10 10 10 10 10 10 10 15 15 15 15 20 20 20 10 — 2.00

b) SEGUNDO MÉTODO

PARTINDO DO DIAGRAMA DOS ESFORÇOS TRANSVERSOS

Vimos que a secção de um estribo em função do esfôrço transverso, é dada pela expressão (37):

$$s = \frac{Td}{tb}$$

Esta expressão permite igualmente determinar a secção total dos estribos ($s_1 + s_2 \ldots\ldots + s_n$) compreendida entre duas secções transversais quaisquer S_o e S_n (fig. 38):

$$s_1 + s_2 \ldots\ldots + s_n = \frac{T_1 d_1}{tb} + \frac{T_2 d_2}{tb} \ldots + \frac{T_n d_n}{tb}$$

$$= \frac{T_1 d_1 + T_2 d_2 \ldots + T_n d_n}{tb}$$

$$= \frac{\Sigma (Td)}{tb} \qquad (39)$$

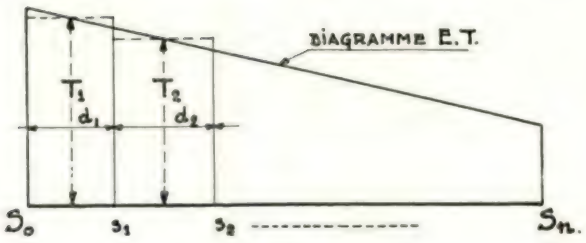


Fig. 38

Σ (Td) representa a superfície do diagrama dos esforços transversos compreendida entre S_o e S_n.

A secção total dos estribos, compreendida entre duas secções transversais de uma viga, obtém-se portanto dividindo a superfície do diagrama dos esforços transversos, medida entre estas duas secções, pelo produto b, t, isto é, do braço do binário das fôrças elásticas pela tensão de tracção admitida para o aço.

Passemos agora à determinação da distância entre estribos.

Vamos supor, como sucede na prática, que a secção dos estribos é constante, poderemos portanto escrever

$$s_1 = s_2 \ldots\ldots\ldots\ldots = s_n$$

ou:

$$\frac{T_1 d_1}{t b} = \frac{T_2 d_2}{t b} \ldots\ldots\ldots\ldots \frac{T_n d_n}{t b}$$

ou ainda:

$$T_1 d_1 = T_2 d_2 \ldots\ldots\ldots\ldots = T_n d_n$$

Ora os produtos $T_1 d_1$, $T_2 d_2$ etc. representam as zonas da superfície do diagrama dos esforços transversos compreendidas entre os estribos (Fig. 38).

Tôdas estas zonas devem ser iguais, portanto, a distância entre estribos deverá ser tal que a superfície do diagrama dos esforços transversos, compreendida entre dois estribos consecutivos, seja constante.

O problema da repartição dos estribos resume-se portanto na divisão, em tantas partes quantos os estribos, da superfície do diagrama dos esforços transversos.

Consideremos portanto, o caso de uma viga simplesmente apoiada e uniformemente carregada (Fig. 39).

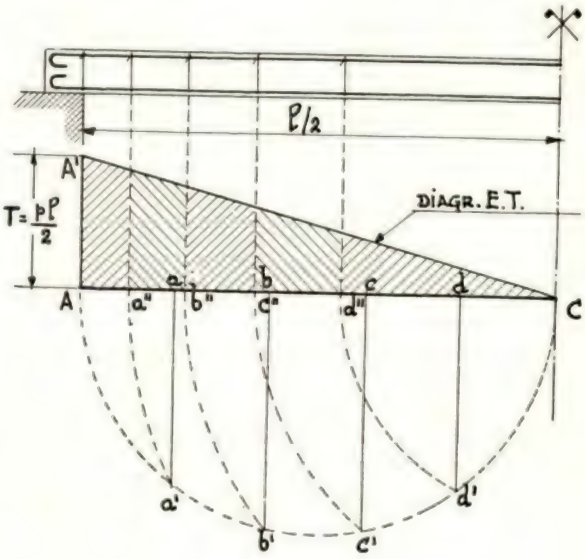


Fig. 39

Seja n = 5, o número de estribos a repartir em meia viga e s a secção de um estribo.

Podemos escrever:

$$n\,s = \frac{\Sigma (Td)}{t\,b} = 5\,s$$

ou:

$$s = \frac{\Sigma (Td)}{5\,t\,b}$$

Σ (Td) representa a superfície do diagrama dos esforços transversos compreendida entre o meio da viga e o apoio A:

$$\Sigma(Td) = \frac{T\frac{l}{2}}{2} = T\frac{l}{4}$$

A secção de um estribo será:

$$s = \frac{T\frac{l}{4}}{5\,t\,b}$$

Para determinar a posição dos estribos, bastará dividir em cinco partes iguais a superfície AA'C do diagrama dos esforços transversos (fig. 39).

Para isso traçaremos uma semi-circunferência com o diâmetro igual a $\frac{l}{2}$. Dividiremos o diâmetro em cinco partes iguais; sejam a, b, c e d os pontos de divisão.

Levantando perpendiculares por estes pontos determinaremos sôbre a semi-circunferência os pontos a', b', c' e d'. Tomando C para centro e traçando arcos de círculo passando por estes últimos, cortaremos o diâmetro AC em pontos que, em relação ao eixo da viga determinarão a posição dos estribos.

Êste método conduz a uma repartição de estribos desigual; na prática arbitra-se a secção dos estribos e não se faz variar o passo ou distância entre estes, senão de distância a distância.

Vamos portanto dividir a viga em troços e determinaremos o passo uniforme em cada trôço, com o auxílio da expressão (38):

$$d = \frac{s\,t\,b}{T}$$

em que T representa o esfôrço transverso máximo no trôço considerado.

Êste método pode igualmente ser aplicado ao caso mais geral da viga solicitada por quaisquer cargas. O diagrama dos esforços transversos, neste caso, é constituído por um conjunto de trapézios (fig. 40).

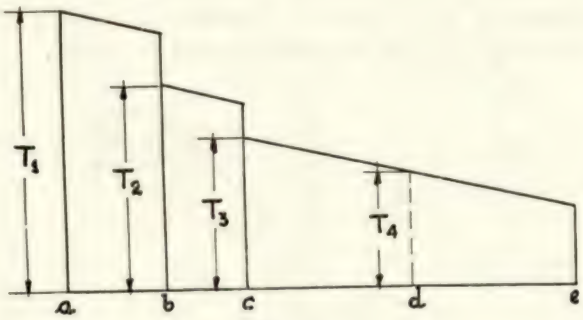


Fig. 40

Para calcular a distância entre estribos procederemos do seguinte modo: começamos por dividir a viga em troços, ab, bc, cd e de.

Arbitrando a secção dos estribos, determinaremos em seguida o passo uniforme para cada trôço, com o auxílio da expressão (38):

Trôço ab: $d_1 = \frac{s\,t\,b}{T_1}$

Trôço bc: $d_2 = \frac{s\,t\,b}{T_2}$

Trôço cd: $d_3 = \frac{s\,t\,b}{T_3}$

Trôço de: $d_4 = \frac{s\,t\,b}{T_4}$

As distâncias acima indicadas, segundo as prescrições belgas, não poderão exceder os seguintes valores: 15 a 20 vezes o diâmetro das armaduras de compressão, 3/4 da altura da viga, a largura da viga, ou serem superiores a 30 cm, como já atrás dissemos.

Ultrapassados estes limites, torna-se necessário prever estribos suplementares ou diminuir a secção s de maneira a tornar menor o seu número, reduzindo assim o passo.

VARÕES INCLINADOS

Os varões inclinados desempenham o mesmo papel que os estribos, devendo formar um ângulo de 45° com a horizontal (fig. 41); as partes curvas, segundo as prescrições belgas, devem ter um raio de curvatura igual pelo menos a treze vezes o diâmetro do varão, de maneira a evitar o esmagamento do betão.

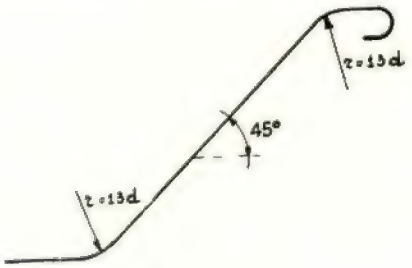


Fig. 41

A extremidade dos varões inclinados deverá ter sempre uma parte recta, com um mínimo de 15 cm de comprimento, terminada por um gancho, de modo a assegurar a aderência.

O cálculo dos varões inclinados pode ser feito comparando-os às diagonais tendidas duma viga triangulada, em que as diagonais comprimidas fôssem substituídas pelo betão.

Na disposição indicada na fig. 42 ($d > b$), a secção transversal S S não encontra senão um varão inclinado a. Estamos no caso de uma viga triangulada simples.

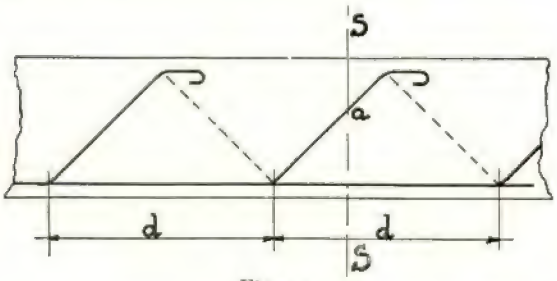


Fig. 42

Se designarmos por T o esfôrço transverso na secção S S, o esfôrço de tracção F no varão inclinado a, obtém-se tomando a componente do esfôrço transverso segundo a inclinação dêste:

$$F = \frac{T}{\cos 45^\circ} \qquad (40)$$

Na disposição indicada na fig. 43 ($d < b$), a secção transversal S S encontra um varão inclinado a' e uma diagonal fictícia comprimida a''.

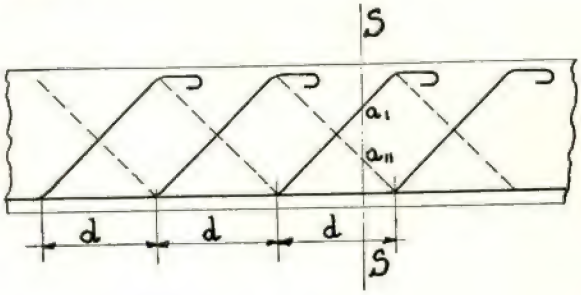


Fig. 43

Estamos no caso de uma viga armada em cruz. Se designarmos por T o esfôrço transverso na secção S S, o esfôrço de tracção no varão a' obtém-se tomando a componente, segundo a inclinação do varão, da metade do valor do esfôrço transverso:

$$F = \frac{T}{2 \cos 45^\circ} \qquad (41)$$

N. B. — Comparando as expressões (40) e (41), verifica-se que a melhor disposição dos varões inclinados consiste em não os espaçar de uma distância, medida na horizontal, superior ao braço do binário das fôrças elásticas.

Duma maneira geral, se representarmos por n o número de varões inclinados tendidos, cortados pela secção S S, poderemos escrever:

$$F = \frac{T}{2\, n \cos 45^\circ} \qquad (42)$$

Se d representar a distância, medida na horizontal, entre varões inclinados, teremos:

$$n = \frac{h}{d}$$

É prudente substituir h por b como já fizemos no cálculo dos estribos. Teremos por tanto:

$$n = \frac{b}{d}$$

donde:

$$F = \frac{T}{\frac{2\,b}{d} \cos 45^\circ} = \frac{Td}{1{,}144\, b}$$

Ora $F = \Omega t$, em que Ω representa a secção de um varão inclinado e t a tensão de tracção. Logo:

$$\Omega t = \frac{Td}{1{,}414\, b}$$

A secção de um varão inclinado, em função do esfôrço transverso, será dada pela expressão:

$$\Omega = \frac{Td}{1{,}414\, b t} \qquad (43)$$

Poderemos, igualmente, no caso de se conhecer a secção dos varões inclinados, determinar a sua distância:

$$d = \frac{1{,}414\, \Omega\, b t}{T} \qquad (44)$$

A expressão (43) permite-nos calcular a secção total dos varões inclinados que é necessário prever entre duas secções transversais de uma viga.

Designemos por $\Omega_1 \Omega_2 \ldots\ldots \Omega_n$ as secções dos varões levantados, compreendidos entre duas secções transversais:

Podemos escrever:

$$\Omega_1 + \Omega_2 \ldots\ldots + \Omega_n = \frac{T_1 d_1 + T_2 d_2 \ldots\ldots + T_n d_n}{1{,}414\, b t}$$

$$= \frac{\Sigma\,(Td)}{1{,}414\, bt} \qquad (45)$$

$\Sigma\,(T\,d)$ representa a superfície do diagrama dos esforços transversos compreendida entre as duas secções transversais consideradas.

Por conseqüência, para se obter a secção total dos varões inclinados, compreendidos em duas secções transversais de uma viga, basta dividir a superfície do diagrama dos esforços transversos, medida entre estas secções, pelo produto (1,414 bt).

COMBINAÇÃO DE VARÕES INCLINADOS E ESTRIBOS

Na prática, completa-se freqüentemente a acção dos varões inclinados, com estribos de secção constante e distanciados igualmente entre si.

Arbitra-se então *á priori,* a secção e o passo dos estribos. O problema resume-se em calcular o número e secção dos varões inclinados e a sua distância medida na horizontal.

Consideremos, por exemplo, o caso de uma viga simplesmente apoiada e uniformemente carregada (fig. 44). Seja d o passo dos estribos e s a sua secção.

O esfôrço transverso a que os estribos podem resistir, deduz-se da expressão (37):

$$T_e = \frac{s\, t\, b}{d}$$

Marquemos $A A' = T_e$ e tracemos uma horizontal pelo ponto A'.

Os varões inclinados devem resistir ao esfôrço transverso representado pela superfície A' B C'. A secção total dos varões inclinados necessários para completar a resistência ao esfôrço transverso dos estribos, é dada pela expressão (45):

$$\Omega = \frac{\Sigma\,(Td)}{1{,}414\, bt}$$

na qual $\Sigma\,(T\,d)$ representa a superfície A' B C' do diagrama dos esforços transversos:

$$\Sigma\,(Td) = \frac{T_r \times A' C'}{2}$$

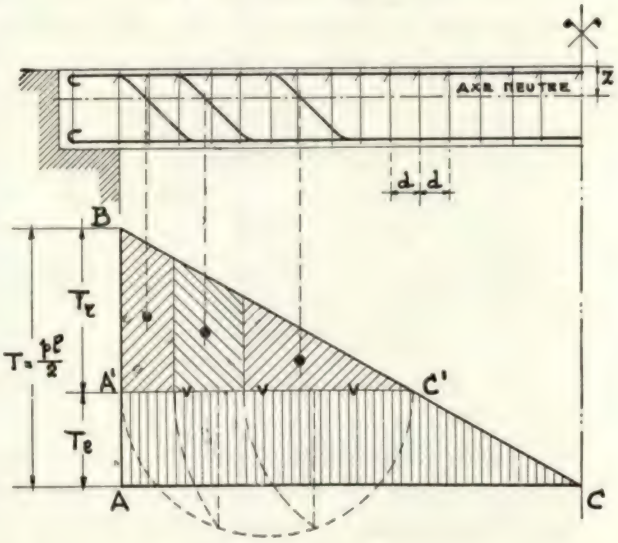


Fig. 44

Suponhamos, para fixar idéias, que se deseja realizar a secção Ω empregando três varões inclinados do mesmo diâmetro.

Para determinar a distância entre estes três varões, basta dividir o triângulo A' BC' em três partes iguais. As perpendiculares levantadas pelos centros de gravidade destas superfícies parciais determinam sôbre a fibra neutra (ou sôbre o eixo da viga), os pontos de levantamento dos varões (fig. 44).

Sucede freqüentemente na prática, empregarem-se como varões inclinados os varões das armaduras de flexão ou de encastramento, que se dobram nos pontos onde deixam de ser necessários. Impõe-se assim *á priori,* o número e o diâmetro dos varões inclinados.

Os pontos de levantamento dêstes varões são dados pelo diagrama dos momentos flectores. O problema resume-se então, em completar a acção destes varões pelo emprêgo de estribos. Por vezes, os varões encontram-se a distâncias medidas na horizontal bastante grandes, ($d > b$).

Ora, os varões inclinados não podem ser interessados num comprimento de viga superior ao valor do braço do binário das fôrças elásticas. Além desta zona, o betão está mais ou menos fora da sua acção. Para evitar que os estribos fiquem muito próximos, nestas zonas, é necessário por vezes, modificar o número dos varões de flexão ou de encastramento, a-fim-de se poderem levantar em maior número.

Igualmente, se podem colocar varões inclinados previstos especialmente para resistirem aos esforços transversos e que não intervêm na resistência à flexão (fig. 45).

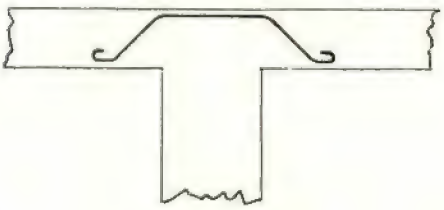


Fig. 45

A melhor disposição a dar aos varões inclinados consiste em não ultrapassar, como distância medida na horizontal, o valor do braço do binário das fôrças elásticas, isto é, 3/4 da altura da viga no caso da secção rectangular, e 85/100 no caso da secção em T.

Na prática, ultrapassa-se por vezes êste limite e admite-se apesar disso que os varões levantados são interessados em tôda a zona de betão compreendida entre êles. É uma das razões por que se limita a tensão de escorregamento do betão a 14 kg/cm² (Art.º 23 do R. B. A.), como já foi dito atrás [1].

Vamos agora determinar a secção e o passo dos estribos necessários para completar a resistência ao esfôrço transverso dos varões levantados. Consideremos o caso, por exemplo, da disposição representada na fig. 46.

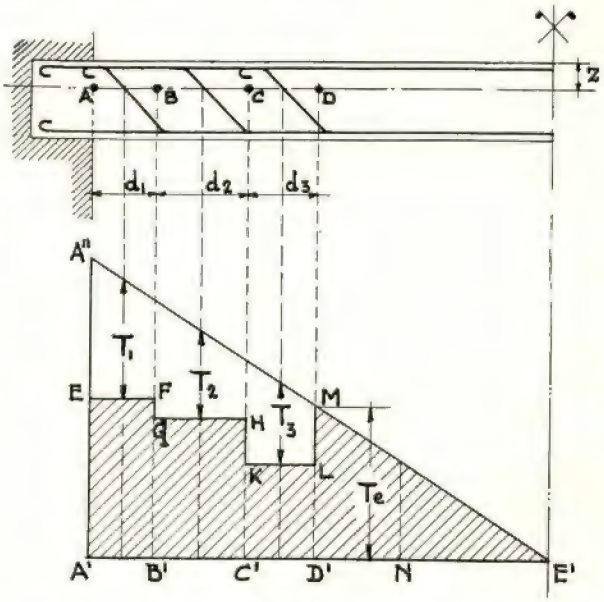


Fig. 46

Sejam Ω_1 Ω_2 e Ω_3 as secções dos três varões inclinados e $d_1 = AB$, $d_2 = BC$, $d_3 = CD$ as suas distâncias respectivas. Na determinação das distâncias é necessário proceder de forma que o varão de secção Ω_1 passe pelo meio de AB, o varão de secção Ω_2 pelo meio de BC e o varão de secção Ω_3 pelo meio de CD.

Os três varões inclinados podem resistir a esforços transversos que são dados pela expressão (43):

$$T_1 = \frac{1{,}414\ \Omega_1\ bt}{d_1}$$

[1] Na Edição Original em Francês, faz-se referência ao prescrito no regulamento da A. B. S. (N. T.)

$$T_2 = \frac{1{,}414\ \Omega_2\ bt}{d_2}$$

$$T_3 = \frac{1{,}414\ \Omega_3\ bt}{d_3}$$

N. B. — No caso em que a distância entre os varões inclinados seja superior a b, torna-se necessário dividir por 2 os valores acima indicados (ver fórmulas 40 e 41).

Marquemos T_1 T_2 e T_3 na figura 44. Os três varões inclinados podem resistir a esforços transversos representados pela superfície não tracejada EFGHKLMA''. Os estribos deverão resistir aos esforços transversos representados pela superfície complementar tracejada A' EFG HKLME'. Para o cálculo dos estribos, divide-se a viga em troços A' B', B' C', C' D', D' N', e NE. Arbitrando a secção dos estribos, determina-se a sua distância ou passo em cada trôço, com auxílio da expressão (38).

Para o trôço D' N, por exemplo, teremos como passo:

$$d = \frac{stb}{T_e}$$

N. B. — O método de cálculo acima indicado convém especialmente nos casos em que o número de varões que se podem dobrar é diminuto.

7.—Cálculo das peças de secção rectangular submetidas à flexão composta

Os dois problemas que se podem apresentar na flexão composta são o da verificação das fadigas e o da determinação dos elementos de uma secção.

A) Verificação das fadigas

Notações

Designemos por:

n — a tensão de compressão máxima do betão;

P — a carga axial;

$\Omega_r = \Omega_b + m\omega' + m\omega$ — a secção total fictícia

M — o momento flector, determinado em relação ao centro de gravidade da secção fictícia;

I — o momento de inércia da secção fictícia, em relação ao eixo transversal passando pelo centro de gravidade da mesma secção.

v — a distância do centro de gravidade da secção fictícia à aresta mais comprimida.

1.° — Lei do Trapézio ou do Triângulo

(compressão em tôda a superfície)

Quando na secção só existem tensões de compressão, isto é, quando ela está submetida à lei do trapézio ou do triângulo, a tensão de compressão máxima do betão é dada pela fórmula geral da flexão composta:

$$n = \frac{P}{\Omega_r} + \frac{M\,v}{I} \qquad (46)$$

Para resolver esta expressão, torna-se necessário conhecer a posição do centro de gravidade da secção total fictícia, pois todos os elementos estão relacionados com êste ponto.

Para as peças com armaduras simétricas, o centro de gravidade da secção fictícia confunde-se com o centro da secção rectangular.

Para as peças armadas assimètricamente, o centro de gravidade obtém-se fàcilmente, sabido que o momento estático da secção fictícia em relação a êste ponto, é nulo.

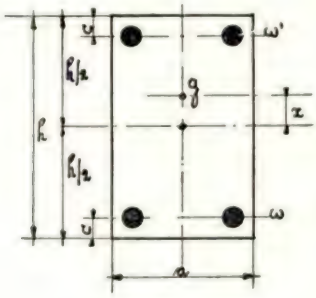


Fig. 47

Vamos, por exemplo, determinar a posição do centro de gravidade da secção representada na fig. 47. Designemos por x a distância entre o centro de gravidade da secção fictícia e o centro da secção rectangular.

Podemos portanto escrever:

$$\Omega_b x + m\omega\left(\frac{h}{2} - c + x\right) - m\omega'\left(\frac{h}{2} - c - x\right) = 0$$

ou:

$$x(\Omega_b + m\omega + m\omega') = \frac{h}{2}(m\omega' - m\omega) - c(m\omega' - m\omega)$$

donde:

$$x = \frac{\left(\frac{h}{2} - c\right)(m\omega' - m\omega)}{a\,h + m\omega' + m\omega} \qquad (47)$$

Observação — Para as peças cuja relação entre a altura e a menor dimensão transversal é superior a 15, o têrmo $\frac{P}{\Omega_r}$, *que figura na fórmula (46), deve ser substituído pela tensão de compressão com encurvadura obtida pela fórmula de Rankine.*

2.º — Lei dos dois triângulos

Tracção e compressão

Quando a secção está submetida à lei dos dois triângulos (tracção e compressão), isto é, quando $\frac{P}{\Omega_r} < \frac{Mv}{I}$ a expressão geral da flexão composta já não é aplicável.

Para determinar a fadiga necessita-se primeiro conhecer a posição da fibra neutra. Conhecendo esta posição, podemos aplicar a expressão $n = \frac{M\,v}{I}$, uma vez que todos os elementos estejam relacionados com a fibra neutra. A resolução das equações que conduzem a êste resultado é bastante laboriosa. As Tabelas VII, VIII e IX têm por fim evitar o emprêgo destas equações e simplificar a resolução dos diferentes casos da flexão composta.

As Tabelas foram estabelecidas para uma fadiga máxima do betão de 50 kg/cm², para o coeficiente de equivalência 15, e para três valores limites da fadiga das armaduras: t = 12, 10 e 8 kg/mm².

Estas Tabelas foram calculadas considerando constante a relação $\frac{c}{h}$, em que c é a distância do centro das armaduras comprimidas à aresta vizinha, e h a altura total da secção medida paralelamente ao plano de flexão. O valor fixo admitido foi de 0,10; valor porém, que tem uma influência secundária no resultado dos cálculos.

As notações utilizadas nas Tabelas foram as seguintes:

$n_o = \frac{P}{\Omega_b}$ que representa a relação entre a carga axial e a secção do betão.

$d = \frac{M}{P}$ que representa a distância do ponto de passagem da resultante ao centro da secção rectangular.

$\lambda = \frac{15 \times \omega}{\Omega_b}$ que representa a percentagem das armaduras de tracção.

$\lambda' = \frac{15 \times \omega'}{\Omega_b}$ que representa a percentagem das armaduras de compressão.

As Tabelas VII e VIII e a parte superior da Tabela IX dizem respeito à lei dos dois triângulos (tracção e compressão). A parte inferior da Tabela IX corresponde à lei do trapézio (compressão em tôda a superfície).

A linha quebrada que parte de $\frac{d}{h} = 0{,}16$ marca a separação dos dois casos, isto é, o limite do núcleo central da secção fictícia.

Num problema de verificação interessa principalmente constatar se a tensão de compressão máxima do betão não ultrapassa os limites estabelecidos, isto é, para o nosso caso das Tabelas 50 kg/cm².

As Tabelas dão os valores das percentagens λ e λ' em função de n_o, $\frac{d}{h}$ e t. A verificação consiste em constatar se as percentagens adoptadas são iguais ou superiores às indicadas nas Tabelas.

As Tabelas indicam, por vezes, para λ' um valor nulo, o que quere dizer que a tensão de compressão do betão é inferior a 50 kg/cm².

PROBLEMA 13

Uma peça de secção rectangular de 30 × 40 é solicitada por uma carga axial de 48.000 kg e por um momento flector de 2.700 kg. É armada à compressão com 6 varões de ø 16 (12 cm²) e à tracção com 2 varões de ø 16 (4 cm²). Pede-se para verificar se a tensão de compressão do betão é inferior a 50 kg/cm².

A-fim-de comparar a rapidez e a exactidão

do método baseado no emprêgo das Tabelas com o método baseado no emprêgo das fórmulas, empregaremos primeiro êste último.

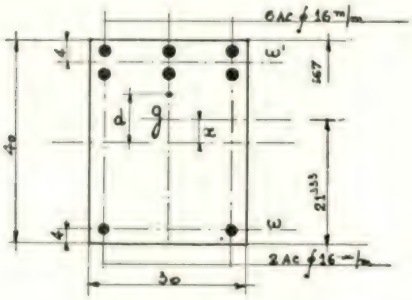


Fig. 48

A — Método baseado sôbre o emprêgo das fórmulas

Posição do centro de gravidade (g) da secção fictícia (expressão 47):

$$x = \frac{\left(\frac{h}{2} - c\right)(m\,\omega' - m\,\omega)}{a\,h + m\,\omega' + m\,\omega}$$

ora:

$$m\,\omega' = 15 \times 12 = 180 \text{ cm}^2$$
$$m\,\omega = 15 \times 4 = 60 \text{ cm}^2$$

donde:

$$x = \frac{\left(\frac{40}{2} - 4\right)(180 - 60)}{30 \times 40 + 180 + 60} = 1{,}333 \text{ cm}$$

Distância do ponto de passagem da resultante ao centro da secção rectangular:

$$d = \frac{270.000}{48.000} = 5{,}6 \text{ cm}$$

Tensão de compressão do betão:

$$n = \frac{P}{\Omega_r} + \frac{M\,v}{I}$$

em que: $P = 48.000$ kg

$$\Omega_r = \Omega_b + m\,\omega' + m\,\omega = 40 \times 30 + 180 + 60 = 1{,}440 \text{ cm}^2$$

M = (momento flector em relação ao centro da secção fictícia)

$$= 48.000\,(5{,}6 - 1{,}333) = 204.816 \text{ kgcm}$$

$$v = 20 - 1{,}333 = 18{,}667 \text{ cm}$$

$$I = I_b + I\,\omega' + I\,\omega$$

$$= \left(30 \times \frac{3}{18{,}667} + 30 \times \frac{3}{21{,}333}\right) + 180 \times \frac{2}{14{,}667} + 60 \times \frac{2}{17{,}333}$$

$$= 65.035 + 97.084 + 38.721 + 18.018$$

$$= 218.858 \text{ cm}^4$$

ou seja:

$$n = \frac{48.000}{1.440} + \frac{284.816 \times 18.667}{218.858}$$

$$= 33{,}30 + 17 = 50{,}30 \text{ kg/cm}^2$$

Esta fórmula só pode ser aplicada no caso de ser:

$$\frac{P}{\Omega_r} > \frac{M\,v}{I}$$

ou:

$$33{,}30 > \frac{204.816 \times 21{,}33}{218{,}858}$$

$$33{,}30 > 20$$

B — Método baseado na aplicação das Tabelas

$$n_o = \frac{P}{\Omega_b} = \frac{48.000}{40 \times 30} = 40 \text{ kg/cm}^2$$

$$d = \frac{M}{P} = \frac{27.000}{48.000} = 5{,}6 \text{ cm}$$

$$\frac{d}{h} = \frac{5.60}{40} = 0{,}14$$

$$\lambda' = \frac{15 \times \omega'}{\Omega_b} = \frac{15 \times 12}{40 \times 30} = 0{,}150$$

$$\lambda = \frac{15 \times \omega}{\Omega_b} = \frac{15 \times 4}{40 \times 30} = 0{,}050$$

A Tabela IX dá-nos:

$\lambda' = 0{,}150$ e $\lambda = 0{,}050$ para $n_o = 40$ e $\frac{d}{h} = 5{,}6$

Como estas percentagens são iguais às percentagens adoptadas, podemos concluir que a tensão de compressão máxima do betão é igual a 50 kg/cm².

A Tabela IX indica-nos igualmente que a secção está submetida à lei do trapézio.

PROBLEMA 14

Uma peça de secção quadrada com 30×30 é solicitada por uma carga axial de 27.000 kg e por um momento flector de 1.600 kg. É armada à compressão com 2 ø de 20 (6,28 cm²) e à tracção com 2 ø de 10 (2,26 cm²). Pede-se para verificar se a tensão de compressão do betão é inferior a 50 kg/cm².

$$\lambda = \frac{15 \times \omega}{\Omega_b} = \frac{15 \times 2{,}26}{30 \times 30} = 0{,}037.$$

$$\lambda' = \frac{15 \times \omega'}{\Omega_b} = \frac{15 \times 6{,}28}{30 \times 30} = 0{,}104$$

$$n_o = \frac{P}{\Omega_b} - \frac{27.000}{30 \times 40} = 30 \text{ kg/cm}^2$$

$$d = \frac{M}{P} = \frac{160.000}{27.000} = 6 \text{ cm}$$

$$\frac{d}{h} = \frac{6}{30} = 0{,}2$$

A Tabela IX dá-nos:

$$\lambda = 0{,}033 \text{ e } \lambda' = 0{,}100 \text{ para } n_o = 30 \text{ e } \frac{d}{h} = 0{,}2$$

Estas percentagens são ligeiramente inferiores às percentagens adoptadas e portanto, podemos concluir que a tensão de compressão máxima do betão é inferior, mas muito próxima, a 50 kg/cm².

A Tabela IX indica igualmente que a secção está submetida à lei do triângulo, isto é, o ponto de passagem da resultante está situado no limite do núcleo central da secção fictícia.

B — Determinação dos elementos de uma secção

1) *Determinação da secção das armaduras tendidas e comprimidas quando as dimensões da secção de betão são impostas.*

As Tabelas VII, VIII e IX dão os valores das percentagens λ e λ' das armaduras tendidas e comprimidas em função de n_o, $\frac{h}{d}$ e t.

A solução mais económica corresponde ao menor valor da expressão $(\lambda + \lambda')$.

PROBLEMA 15

Pede-se para calcular as armaduras duma peça de secção rectangular de altura h = 50 cm e de largura a = 30 cm, solicitada por uma compressão axial de 11.200 kg e por um momento flector de 6.160 kg.

Aplicando as fórmulas que nos dão os valores de n_o e $\frac{d}{h}$, teremos:

$$n_o = \frac{P}{\Omega_b} = \frac{11.200}{50 \times 30} = 7{,}5 \text{ kg/cm}^2$$

$$d = \frac{M}{P} = \frac{6.160}{11.200} = 0{,}55 \text{ m}$$

$$\frac{d}{h} = \frac{55}{50} = 1{,}10$$

Pela Tabela VIII verifica-se que os valores de n_o e $\frac{d}{h}$ correspondentes aos achados, dão para as percentagens λ e λ' os resultados seguintes:

Para t = 12 $\lambda = 0{,}084$ e $\lambda' = 0{,}123$
Para t = 10 $\lambda = 0{,}099$ e $\lambda' - 0{,}096$
Para t = 8 $\lambda = 0{,}135$ e $\lambda' = 0{,}066$

Como a soma $(\lambda + \lambda')$ é aproximadamente constante nos três casos, a questão económica não será de considerar.

Adoptando a solução $\lambda = 0{,}099$ e $\lambda = 0{,}096$ teremos:

$$\omega = \frac{\lambda \times \Omega_b}{15} = \frac{0{,}099 \times 50 \times 30}{15} = 9{,}9 \text{ cm}^2$$

e:

$$\omega' = \frac{\lambda' \times \Omega_b}{15} = \frac{0{,}096 \times 50 \times 30}{15} = 9{,}6 \text{ cm}^2$$

Estas secções podem ser realizadas empregando dois varões de ø 26 à compressão e dois varões idênticos à tracção.

2) — *Determinação das secções do betão e das armaduras*

Êste problema admite uma infinidade de soluções. No entanto, se se deseja obter uma secção económica, há todo o interêsse em fazer trabalhar o betão no limite de fadiga, isto é, para o caso das Tabelas 50 kg/cm², e evitar o emprêgo da armadura de compressão, porque em igualdade de resistência o emprêgo do aço é mais oneroso do que o do betão.

A determinação dos diferentes elementos da secção pode ainda ser feita com o auxílio das Tabelas, mas torna-se necessário proceder por tentativas. Partindo de uma secção arbitrada, teremos que verificar se o valor de λ' se aproxima de zero. As dimensões arbitradas terão que ser modificadas até que esta condição seja satisfeita.

TABELA VII

d/h	t	n₀ = 2.5		5		7.5		10		15		20		25		30		35		40		45	
		λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'
4	12	0,142	0,118	0,281	0,481	0,419	0,848	0,558	1,215	0,835	1,947	1,112	2,679	1,389	3,414	1,667	4,147	1,945	4,881	2,221	5,614	2,498	6,347
	10	0,167	0,088	0,326	0,445	0,486	0,797	0,645	1,151	0,965	1,858	1,283	2,569	1,603	3,278	1,922	3,987	2,241	4,696	2,560	5,404	2,879	6,113
	8	0,224	0,058	0,452	0,400	0,641	0,742	0,849	1,084	1,264	1,768	1,682	2,453	2,099	3,140	2,516	3,822	2,933	4,506	3,349	5,190	3,766	5,875
3.5	t	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'
	12	0,123	0,073	0,242	0,398	0,362	0,723	0,481	1,048	0,720	1,698	0,958	2,348	1,197	2,998	1,435	3,648	1,674	4,298	1,912	4,948	2,151	5,598
	10	0,145	0,048	0,282	0,362	0,419	0,676	0,557	0,991	0,832	1,619	1,106	2,247	1,381	2,876	1,655	3,504	1,930	4,132	2,204	4,760	2,479	5,389
	8	0,195	0,019	0,374	0,322	0,554	0,626	0,733	0,929	1,092	1,536	1,450	2,142	1,809	2,749	2,168	3,355	2,527	3,962	2,885	4,569	3,244	5,175
3	t	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'
	12	0,104	0,032	0,204	0,315	0,304	0,598	0,404	0,881	0,604	1,448	0,803	2,014	1,003	2,581	1,203	3,147	1,403	3,715	1,603	4,281	1,803	4,847
	10	0,122	0,008	0,237	0,281	0,353	0,555	0,468	0,829	0,698	1,377	0,928	1,925	1,158	2,473	1,388	3,020	1,619	3,568	1,849	4,115	2,079	4,663
	8	0,166	—	0,316	0,244	0,466	0,509	0,617	0,773	0,918	1,302	1,218	1,831	1,518	2,360	1,819	2,888	2,120	3,417	2,421	3,946	2,721	4,475
2.5	t	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'
	12	0,084	—	0,165	0,231	0,246	0,473	0,326	0,715	0,488	1,198	0,649	1,681	0,811	2,165	0,972	2,648	1,134	3,133	1,295	3,615	1,456	4,098
	10			0,195	0,201	0,286	0,435	0,379	0,668	0,565	1,136	0,750	1,603	0,936	2,070	1,122	2,537	1,307	3,004	1,493	3,471	1,679	3,939
	8			0,258	0,167	0,379	0,392	0,501	0,618	0,744	1,069	0,986	1,520	1,229	1,971	1,471	2,422	1,714	2,873	1,957	3,324	2,199	3,775
2	t	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'
	12	0,065	—	0,126	0,148	0,188	0,348	0,249	0,548	0,372	0,948	0,495	1,348	0,618	1,748	0,740	2,148	0,863	2,547	0,986	2,947	1,108	3,347
	10			0,149	0,121	0,219	0,314	0,290	0,507	0,431	0,894	0,572	1,280	0,714	1,667	0,855	2,053	0,996	2,440	1,138	2,827	1,279	3,213
	8			0,200	0,089	0,292	0,276	0,384	0,462	0,569	0,836	0,754	1,209	0,938	1,582	1,123	1,955	1,308	2,328	1,492	2,702	1,676	3,075
1.9	t	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'
	12	0,061	—	0,119	0,131	0,176	0,323	0,234	0,515	0,349	0,898	0,464	1,281	0,579	1,665	0,694	2,048	0,809	2,431	0,924	2,814	1,039	3,197
	10			0,140	0,104	0,206	0,290	0,272	0,475	0,405	0,846	0,537	1,216	0,670	1,587	0,802	1,957	0,934	2,325	1,066	2,698	1,199	3,068
	8			0,188	0,073	0,275	0,252	0,361	0,431	0,534	0,789	0,707	1,147	0,880	1,505	1,053	1,862	1,226	2,220	1,399	2,577	1,572	2,935
1.8	t	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'
	12	0,057	—	0,111	0,115	0,165	0,298	0,218	0,481	0,327	0,848	0,435	1,215	0,540	1,582	0,647	1,948	0,755	2,315	0,862	2,681	0,969	3,047
	10			0,131	0,088	0,193	0,266	0,254	0,443	0,378	0,797	0,501	1,151	0,625	1,505	0,748	1,860	0,872	2,215	0,995	2,569	1,119	2,923
	8			0,177	0,058	0,257	0,229	0,338	0,400	0,499	0,742	0,660	1,084	0,822	1,427	0,983	1,769	1,144	2,111	1,306	2,453	1,468	2,795
1.7	t	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'
	12	0,053	—	0,103	0,098	0,153	0,273	0,203	0,448	0,303	0,798	0,402	1,148	0,502	1,498	0,601	1,848	0,701	2,198	0,800	2,548	0,900	2,808
	10			0,122	0,072	0,179	0,241	0,237	0,411	0,352	0,749	0,466	1,087	0,581	1,426	0,695	1,764	0,810	2,102	0,924	2,440	1,039	2,779
	8			0,165	0,042	0,240	0,206	0,315	0,369	0,465	0,697	0,614	1,022	0,764	1,348	0,914	1,675	1,063	2,002	1,213	2,329	1,363	2,655
1.6	t	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'
	12	0,050	—	0,096	0,081	0,141	0,248	0,188	0,415	0,279	0,748	0,371	1,081	0,463	1,415	0,555	1,748	0,647	2,082	0,739	2,415	0,831	2,748
	10			0,113	0,056	0,166	0,217	0,219	0,378	0,325	0,700	0,430	1,023	0,536	1,345	0,642	1,667	0,747	1,989	0,853	2,311	0,959	2,634
	8			0,154	0,027	0,225	0,182	0,292	0,338	0,430	0,649	0,568	0,960	0,706	1,271	0,844	1,582	0,983	1,894	1,121	2,205	1,259	2,516
1.5	t	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'
	12	0,046	—	0,088	0,065	0,130	0,223	0,172	0,381	0,256	0,698	0,340	1,015	0,425	1,332	0,509	1,648	0,593	1,965	0,677	2,281	0,761	2,598
	10			0,104	0,040	0,155	0,193	0,201	0,346	0,298	0,652	0,395	0,958	0,491	1,264	0,587	1,571	0,688	1,877	0,782	2,183	0,879	2,489
	8			0,142	0,011	0,205	0,159	0,269	0,306	0,396	0,602	0,522	0,898	0,649	1,194	0,775	1,489	0,902	1,785	1,028	2,082	1,154	2,376
1.4	t	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'	λ	λ'
	12	0,042	—	0,080	0,048	0,118	0,198	0,157	0,348	0,234	0,648	0,310	0,948	0,386	1,248	0,462	1,548	0,539	1,848	0,615	2,148	0,692	2,448
	10			0,095	0,024	0,139	0,169	0,183	0,314	0,271	0,604	0,359	0,894	0,446	1,185	0,535	1,474	0,623	1,764	0,711	2,054	0,799	2,344
	8			0,130	—	0,188	0,136	0,245	0,276	0,360	0,556	0,475	0,836	0,590	1,116	0,705	1,396	0,820	1,676	0,935	1,956	1,050	2,236

TABELA VIII

d/h	t	2.5 λ	2.5 λ'	5 λ	5 λ'	7.5 λ	7.5 λ'	10 λ	10 λ'	15 λ	15 λ'	20 λ	20 λ'	25 λ	25 λ'	30 λ	30 λ'	35 λ	35 λ'	40 λ	40 λ'	45 λ	45 λ'
1.3	12	0,038	—	0,072	0,031	0,107	0,173	0,141	0,315	0,210	0,598	0,278	0,881	0,347	1,164	0,416	1,447	0,485	1,731	0,553	2,014	0,622	2,297
	10			0,086	0,008	0,126	0,145	0,165	0,281	0,244	0,555	0,323	0,829	0,403	1,103	0,482	1,377	0,561	1,651	0,640	1,924	0,719	2,198
	8			0,119	—	0,170	0,112	0,222	0,244	0,325	0,502	0,428	0,773	0,532	1,038	0,635	1,302	0,738	1,566	0,841	1,830	0,945	2,095
1.2	12	0,034	—	0,065	0,015	0,095	0,148	0,126	0,281	0,187	0,548	0,247	0,814	0,308	1,081	0,369	1,347	0,430	1,614	0,491	1,880	0,552	2,147
	10			0,077	—	0,113	0,120	0,148	0,250	0,218	0,508	0,288	0,765	0,358	1,023	0,428	1,280	0,499	1,538	0,569	1,795	0,639	2,053
	8					0,153	0,089	0,199	0,213	0,291	0,462	0,382	0,711	0,474	0,960	0,565	1,208	0,657	1,457	0,749	1,706	0,846	1,955
1.1	12	0,030	—	0,057	—	0,084	0,123	0,110	0,248	0,164	0,498	0,217	0,748	0,270	0,998	0,323	1,248	0,377	1,498	0,430	1,748	0,483	1,997
	10					0,099	0,096	0,130	0,217	0,191	0,459	0,252	0,700	0,314	0,942	0,375	1,183	0,437	1,425	0,498	1,667	0,559	1,908
	8					0,135	0,066	0,175	0,182	0,256	0,417	0,336	0,649	0,416	0,882	0,496	1,115	0,576	1,348	0,656	1,581	0,736	1,815
1	12	0,026	—	0,049	—	0,072	0,098	0,095	0,215	0,141	0,448	0,186	0,681	0,232	0,913	0,277	1,145	0,323	1,380	0,368	1,614	0,413	1,847
	10					0,086	0,072	0,112	0,185	0,164	0,411	0,216	0,636	0,269	0,862	0,322	1,087	0,374	1,313	0,426	1,538	0,479	1,763
	8					0,118	0,042	0,152	0,151	0,221	0,369	0,289	0,587	0,358	0,805	0,426	1,022	0,495	1,240	0,563	1,457	0,631	1,675
0.9	12	0,023	—	0,042	—	0,060	0,073	0,079	0,182	0,117	0,339	0,155	0,615	0,192	0,832	0,231	1,049	0,269	1,266	0,307	1,482	0,345	1,699
	10					0,073	0,048	0,094	0,153	0,138	0,363	0,182	0,572	0,226	0,782	0,260	0,991	0,313	1,201	0,356	1,410	0,400	1,620
	8					0,100	0,019	0,129	0,120	0,186	0,323	0,243	0,525	0,300	0,728	0,357	0,930	0,414	1,134	0,471	1,334	0,528	1,536
0.8	12	0,019	—	0,034	—	0,048	0,047	0,063	0,147	0,093	0,347	0,123	0,546	0,153	0,746	0,183	0,945	0,213	1,145	0,243	1,344	0,273	1,544
	10					0,059	0,023	0,076	0,120	0,111	0,313	0,145	0,505	0,180	0,698	0,214	0,891	0,248	1,084	0,282	1,277	0,317	1,470
	8					0,083	—	0,105	0,088	0,150	0,275	0,195	0,461	0,240	0,647	0,285	0,833	0,330	1,019	0,375	1,205	0,420	1,392
0.7	12	0,015	—	0,026	—	0,037	0,023	0,048	0,114	0,071	0,297	0,093	0,480	0,115	0,663	0,137	0,846	0,160	1,020	0,182	1,212	0,204	1,395
	10					0,046	—	0,058	0,088	0,084	0,265	0,110	0,442	0,136	0,619	0,161	0,795	0,187	0,972	0,212	1,149	0,238	1,326
	8							0,082	0,057	0,116	0,229	0,149	0,400	0,183	0,571	0,216	0,741	0,250	0,912	0,283	1,082	0,316	1,253
0.6	12	0,011	—	0,018	—	0,026	—	0,033	0,081	0,048	0,248	0,062	0,414	0,077	0,581	0,091	0,747	0,105	0,914	0,120	1,080	0,135	1,247
	10							0,041	0,056	0,058	0,217	0,075	0,378	0,092	0,539	0,108	0,700	0,125	0,861	0,142	1,022	0,158	1,183
	8							0,059	0,027	0,081	0,182	0,103	0,337	0,125	0,493	0,147	0,648	0,169	0,804	0,191	0,959	0,213	1,114
0.55	12	0,010	—	0,014	—	0,020	—	0,025	0,065	0,036	0,223	0,047	0,381	0,058	0,540	0,068	0,698	0,079	0,856	0,090	1,014	0,101	1,172
	10							0,032	0,040	0,045	0,193	0,057	0,346	0,069	0,499	0,081	0,652	0,094	0,805	0,106	0,958	0,119	1,111
	8							0,048	0,011	0,064	0,159	0,080	0,307	0,097	0,455	0,113	0,602	0,129	0,750	0,145	0,897	0,161	1,045
0.5	12	0,010	—	0,011	—	0,014	—	0,018	0,048	0,025	0,198	0,032	0,348	0,038	0,498	0,045	0,648	0,052	0,798	0,059	0,948	0,066	1,098
	10							0,023	0,024	0,031	0,169	0,039	0,314	0,047	0,459	0,055	0,604	0,063	0,749	0,071	0,897	0,079	1,039
	8							0,036	—	0,046	0,133	0,057	0,277	0,068	0,416	0,079	0,556	0,089	0,696	0,099	0,836	0,109	0,976
0.45	12	0,010	—	0,010	—	0,010	—	0,010	0,052	0,013	0,173	0,016	0,315	0,019	0,458	0,022	0,598	0,026	0,741	0,029	0,882	0,032	1,025
	10							0,014	0,008	0,018	0,145	0,022	0,282	0,025	0,419	0,029	0,556	0,033	0,693	0,036	0,830	0,039	0,967
	8							0,025	—	0,030	0,113	0,034	0,245	0,039	0,377	0,044	0,509	0,048	0,641	0,053	0,773	0,057	0,905

TABELA IX

d/h	t	n_0 = 2.5 λ	2.5 λ'	5 λ	5 λ'	7.5 λ	7.5 λ'	10 λ	10 λ'	15 λ	15 λ'	20 λ	20 λ'	25 λ	25 λ'	30 λ	30 λ'	35 λ	35 λ'	40 λ	40 λ'	45 λ	45 λ'
0.4	12.	0,010	—	0,010	—	0,010	—	0,003	0,015	0,002	0,148	0,001	0,282	0,001	0,415								
	10.							0,010	—	0,005	0,121	0,004	0,250	0,003	0,379	0,003	0,508	0,002	0,637	0,001	0,766	0,001	0,895
	8.									0,012	0,089	0,011	0,214	0,010	0,338	0,009	0,463	0,008	0,588	0,007	0,712	0,006	0,837
0.38		0,010	—	0,010	—	0,010	—	0,010	—	0,019 0,059	0,046 0,007	0,040	0,134	0,040	0,234	0,040	0,348	0,040	0,460	0,040	0,560	0,040	0,670
0.36		0,010	—	0,010	—	0,010	—	0,010	—	0,010 0,045	0,037 —	0,040	0,104	0,040	0,194	0,040	0,304	0,040	0,406	0,040	0,510	0,040	0,608
0.34		0,010	—	0,010	—	0,010	—	0,010	—	0,001 0,021	0,025 —	0,040	0,080	0,040	0,170	0,040	0,272	0,040	0,363	0,040	0,459	0,040	0,553
0.32		0,010	—	0,010	—	0,010	—	0,010	—	0,017	—	0,040	0,056	0,040	0,146	0,040	0,236	0,040	0,330	0,040	0,417	0,040	0,504
0.30		0,010	—	0,010	—	0,010	—	0,010	—	0,010	—	0,040	0,035	0,040	0,120	0,040	0,204	0,040	0,289	0,040	0,375	0,040	0,460
0.28		0,010	—	0,010	—	0,010	—	0,010	—	0,010	—	0,031	0,015	0,040	0,094	0,040	0,172	0,040	0,254	0,040	0,336	0,040	0,421
0.26		0,010	—	0,010	—	0,010	—	0,010	—	0,010	—	0,011	—	0,040	0,070	0,040	0,140	0,040	0,226	0,040	0,316	0,040	0,400
0.24		0,010	—	0,010	—	0,010	—	0,010	—	0,010	—	0,010	—	0,040	0,046	0,040	0,120	0,040	0,205	0,040	0,290	0,040	0,380
0.22		0,010	—	0,010	—	0,010	—	0,010	—	0,010	—	0,010	—	0,040	0,024	0,040	0,110	0,040	0,185	0,107 0,266	0,320 0,266	0,010	0,330
0.20		0,010	—	0,010	—	0,010	—	0,010	—	0,010	—	0,010	—	0,040	0,004	0,033	0,100	0,053 0,138	0,165 0,138	0,074 0,185	0,222 0,185	0,094 0,238	0,282 0,235
0.18		0,010	—	0,010	—	0,010	—	0,010	—	0,010	—	0,010	—	0,020 0,050	0,060 0,050	0,026 0,066	0,078 0,066	0,046 0,115	0,138 0,115	0,066 0,165	0,198 0,165	0,086 0,215	0,258 0,215
0.16		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,018 0,048	0,055 0,048	0,038 0,095	0,114 0,095	0,058 0,145	0,174 0,145	0,078 0,195	0,234 0,195
0.15		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,015 0,039	0,046 0,039	0,054 0,085	0,102 0,085	0,021 0,135	0,162 0,135	0,074 0,185	0,222 0,185
0.14		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,012 0,030	0,035 0,030	0,030 0,075	0,090 0,075	0,050 0,125	0,150 0,125	0,070 0,175	0,210 0,175
0.13		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,008 0,020	0,024 0,020	0,026 0,065	0,078 0,065	0,046 0,115	0,138 0,115	0,066 0,165	0,198 0,165
0.12		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,004 0,011	0,012 0,011	0,022 0,055	0,066 0,055	0,042 0,105	0,126 0,105	0,062 0,155	0,186 0,155
0.11		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,018 0,045	0,054 0,045	0,038 0,095	0,114 0,095	0,058 0,145	0,174 0,145
0.10		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,014 0,035	0,042 0,035	0,032 0,080	0,096 0,080	0,052 0,130	0,156 0,130
0.09		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,010 0,025	0,030 0,025	0,028 0,070	0,084 0,070	0,048 0,120	0,144 0,120
0.08		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,006 0,015	0,018 0,015	0,024 0,060	0,072 0,060	0,042 0,105	0,126 0,105
0.07		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,018 0,045	0,054 0,045	0,036 0,090	0,108 0,090
0.06		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,012 0,030	0,036 0,030	0,030 0,075	0,090 0,075
0.05		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,006 0,015	0,018 0,015	0,024 0,060	0,072 0,060
0.04		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,018 0,045	0,054 0,045
0.03		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,010 0,025	0,030 0,025
0.02		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,002 0,005	0,006 0,005

REMARQUES: 1) LE TABLEAU CI-DESSOS A ÉTÉ ÉTABLI DE FAÇON A REALISER UN RENFORCEMENT TOTAL ($\lambda+\lambda'$) MINIMUM.
2) LE MINIMOM DE 0,010 A ÉTÉ ADMIS POOR LES VALEORS DE λ CORRESPONDANTES A $\lambda'=0$.

CAPÍTULO II

1 — Cálculo de lintéis

Muitas vezes, calculam-se os lintéis que suportam panos de alvenaria, para a totalidade do pêso desta alvenaria. Comete-se assim um êrro, porque a partir duma certa altura a alvenaria funciona como uma abóbada e transmite as cargas directamente aos apoios.

A altura de parede suportada pelo lintel da fig. 49 pode ser considerada como limitada por uma parábola do segundo grau A B C, cuja flecha é igual a metade do vão do lintel.

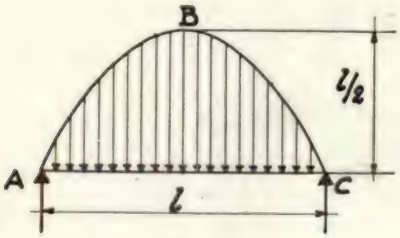


Fig. 49

Esta carga parabólica tem como valor $\frac{p\,l^2}{3}$, em que p representa o pêso da parede por metro quadrado, sendo o vão l expresso em metros.

O que acabámos de expor não é verdadeiro senão para o caso em que a parede acima do lintel tem uma altura igual, pelo menos, a três quartas partes do vão dêste. No caso contrário, (fig. 50) deve-se considerar a altura total da parede sôbre o lintel e calculá-lo como uma viga uniformemente carregada.

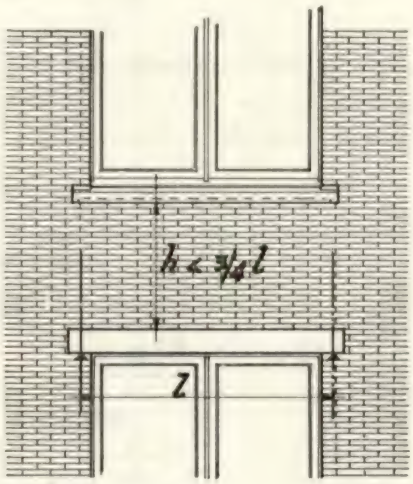


Fig. 50

É evidente que em qualquer dos casos se torna necessário entrar com as cargas transmitidas pelos pavimentos, se as houver.

Cálculo dos momentos flectores

No cálculo dos momentos flectores há um ponto delicado que é a determinação dos momentos de encastramento nos apoios. O grau de encastramento nos apoios pode ser muito variável segundo os casos; a sua determinação rigorosa é além disso difícil. Se os momentos determinados para os apoios o são por excesso, a secção a meio virá muito fraca. Se ao contrário estes momentos são calculados por defeito, podem produzir-se fendas nos apoios e por conseqüência nas paredes.

Julgamos que a solução mais prudente consistirá em admitir para os apoios um grau de encastramento bastante elevado e a meio um momento positivo maior do que resultaria da hipótese de encastramento considerada. Reservamos assim uma certa margem de segurança. Se a-pesar-de tudo, os momentos admitidos são ligeiramente inferiores aos que existem realmente na viga, o coeficiente de segurança cobre amplamente a diferença.

No caso, por exemplo, de um lintel de um

só tramo, solicitado por uma carga uniformemente distribuída, adoptando para os apoios um momento de encastramento igual a $-\frac{p\,l^2}{18}$ (2/3 de encastramento) e a meio, um momento positivo igual a $+\frac{p\,l^2}{10}$ (3/10 de encastramento), ficaremos com uma margem de segurança suficiente.

Como acabamos de verificar, tudo se resume em determinar os momentos de encastramento nos apoios e o momento máximo positivo a meio do vão do lintel. O fim dêste estudo é a determinação dêstes momentos, tendo para isso sido dividido em duas partes:

A — Lintéis de um só tramo.
B — Lintéis de vários tramos.

Em cada uma destas partes examinaremos sucessivamente as seguintes hipóteses de carga:

a) Carga uniformemente distribuída sôbre todo o vão;
b) Carga parabólica ou triangular;
c) Carga concentrada;
d) 2 cargas uniformes, paralelas e simétricas.

A — Lintéis de um só tramo

a) **Carga p uniformemente distribuída, por metro corrente** (Caso de um lintel suportando uma altura de parede inferior a 3/4 do do vão).

Consideraremos o vão l igual ao vão livre aumentado da altura do lintel, mas não deveremos ultrapassar a distância entre eixos dos dos apoios (1).

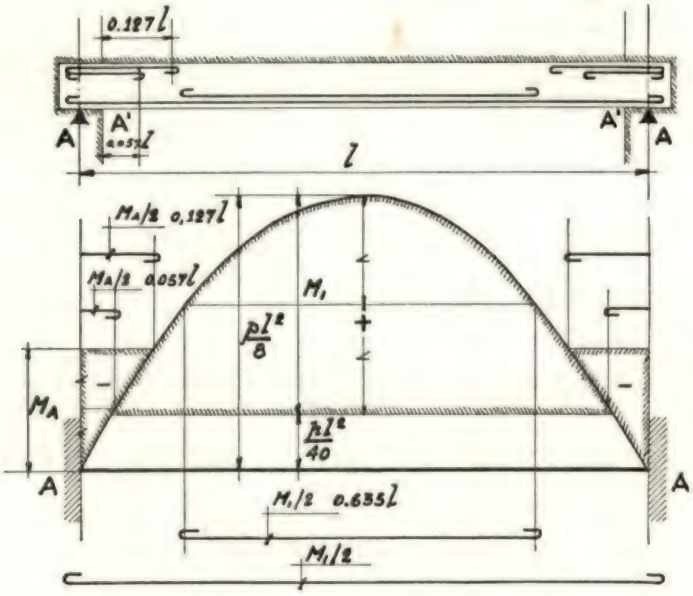


Fig. 51

Momento de encastramento (2/3 de encastramento):

$$M = -\frac{pl^2}{18}$$

Momento a meio do vão (3/10 de encastramento):

$$M_1 = +\frac{pl^2}{10}$$

Na fig. 51 estão indicados os pontos em que deixam de ser necessárias metade das armaduras de flexão e de encastramento. Os comprimentos a dar aos varões de encastramento devem ser contados a partir da secção de encastramento A' e não a partir do eixo do apoio A.

(1) Ver Art.º 32 do R. B. A. (N. T.)

b) **Carga parabólica** (Caso de um lintel susuportando uma altura de parede igual, pelo menos, a 3/4 do vão).

Com o fim de simplificar o traçado do diagrama dos momentos flectores, substituiremos a carga parabólica (fig. 52), por uma carga triangular que lhe é pràticamente equivalente, tendo como altura 5/8 do vão do lintel. O momento flector a meio do vão, devido à carga triangular, tem a-pesar disso exactamente o mesmo valor do o que resultava da carga parabólica.

Momento de encastramento (2/3 de encastramento):

$$M_A = \frac{-6{,}70\ Pl}{96}$$

Momento a meio do vão (3/10 de encastramento):

$$M_1 = \frac{+\ 12{,}80\ Pl}{96}$$

sendo P a carga triangular:

$$P = \frac{5}{16}\ pl^2$$ (em que p representa o pêso da parede por metro quadrado)

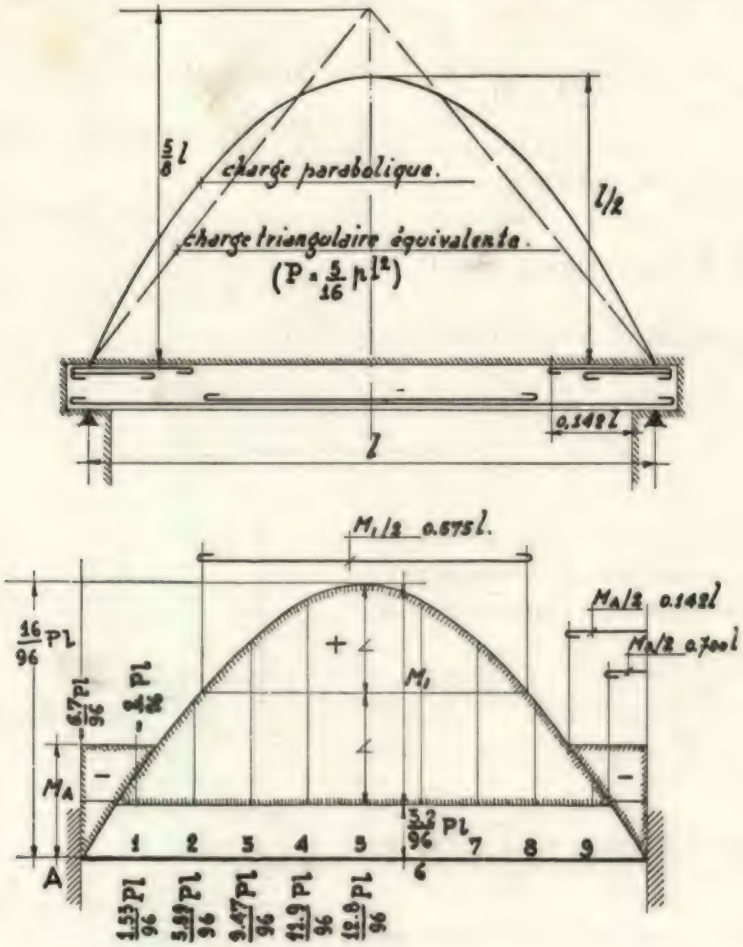


Fig. 52

c) **Carga concentrada P**

O diagrama dos momentos flectores é representado por um triângulo A C′ B (fig. 53) que tem como altura $CC' = \frac{Pab}{l}$.

Os momentos negativos obtém-se tomando como origem a recta A′ B′ (2/3 de encastramento):

$$M_A = AA' = -\frac{3\,P}{10\,l^2}\,ab\,(0{,}4\,l + b)$$

$$M_B = BB' = -\frac{3\,P}{10\,l^2}\,ab\,(0{,}4\,l + a)$$

Os momentos positivos obtém-se tomando como origem a recta A″ B″ (3/10 de encastramento:

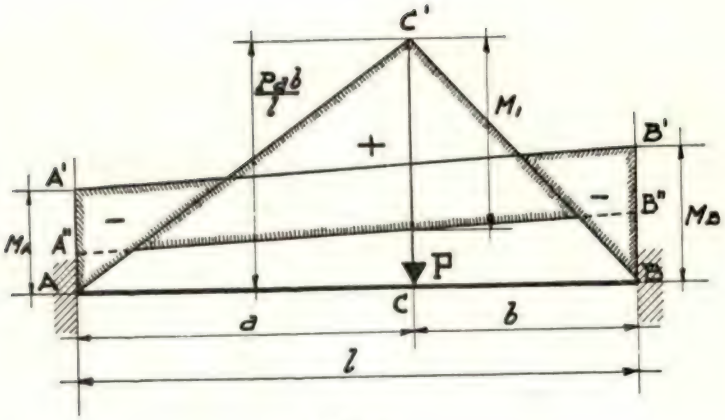


Fig. 53

$$AA'' = -\frac{P}{8\,l^2}\,ab\,(0{,}7\,l + b)$$

$$BB'' = -\frac{P}{8\,l^2}\,ab\,(0{,}7\,l + a)$$

Caso particular: Carga concentrada P a meio do vão.

Basta substituir, nas fórmulas acima indicadas, a por $\frac{l}{2}$.

Teremos:

Para os momentos de encastramento:

$$M_A = M_B = \frac{-27}{400}\,P\,l$$

Para a determinação dos momentos positivos:

$$AA'' = BB'' = -\frac{3\,P\,l}{80}$$

---

d) **Cargas uniformes parciais** (Caso de um lintel suportando uma parede com vãos (fig. 54).

Momento de encastramento (2/3 de encastramento):

$$M_A = -\frac{P\,a}{9\,l}\,(3\,l - 2\,a)$$

em que P representa a carga total sôbre o trôço a.

Momento a meio do vão 3/10 de encastramento):

$$M_1 = \frac{P\,a}{10\,l}\,(3{,}50\,l + a)$$

Observação: O diagrama da fig. 54 não entra em linha de conta com o pêso próprio do lintel nem com a carga transmitida pelo pano de *peito.*

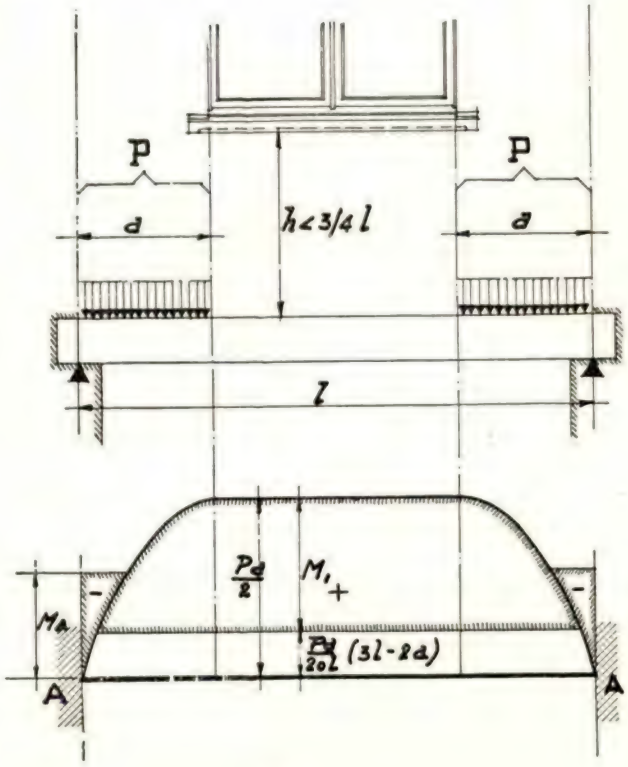


Fig. 54

B — Lintéis de vários tramos

O cálculo dos momentos flectores nos lintéis com um só tramo, tendo em conta o encastramento parcial nos apoios, não apresenta qualquer dificuldade como acabámos de ver. O mesmo se não pode dizer dos lintéis de vários tramos, principalmente quando estes são desiguais. Vamos admitir, para simplificar, que os dois apoios extremos são livres e determinaremos os momentos flectores para as diferentes hipóteses de carga considerando sempre esta simplificação.

Para resistir aos momentos negativos que poderão existir nas secções dos apoios extremos, bastará prever nestas secções alguns varões de encastramento com metade da secção dos varões existentes sôbre os apoios intermédios. O comprimento a dar a estes varões devera ser igual a um quinto do vão do tramo adjacente.

Êste método de cálculo pode ser aplicado ao conjunto representado na fig. 55 (vigas suportando os panos de enchimento de uma fachada e apoiadas sôbre pilares de betão armado). No entanto, se se deseja entrar em linha de conta na determinação dos momentos flectores, com o encastramento elástico dos pilares de apoio, deveríamos empregar um método de cálculo mais exacto, como por exemplo o que se acha descrito mais adiante no parágrafo intitulado «Cálculo dos edifícios com estrutura recticulada».

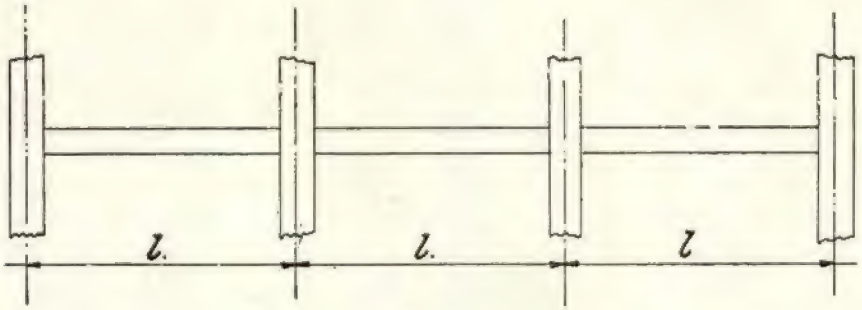


Fig. 55

1.º CASO — DOIS TRAMOS DESIGUAIS

a) **Carga uniformemente distribuída** (Caso de um lintel suportando uma altura de parede inferior a 3/4 do vão maior).

O momento flector na secção B tem o valor:

$$M_B = -\frac{p_1 l^3 + p_2 l_2^3}{8 (l_1 + l_2)}$$

O diagrama dos momentos flectores é for-

mado por duas parábolas com as alturas:

$\frac{p_1 l_1^2}{8}$ e $\frac{p_2 l_2^2}{8}$ e pela linha de fecho A D C.

Caso particular: dois vãos iguais e cargas unitárias iguais ($l_1 = l_2$ e $p_1 = p_2$).

O momento no apoio B será:

$$M_B = -\frac{p\,l^2}{8}$$

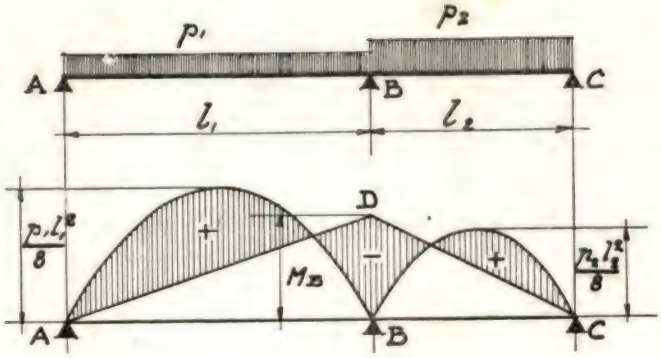


Fig. 56

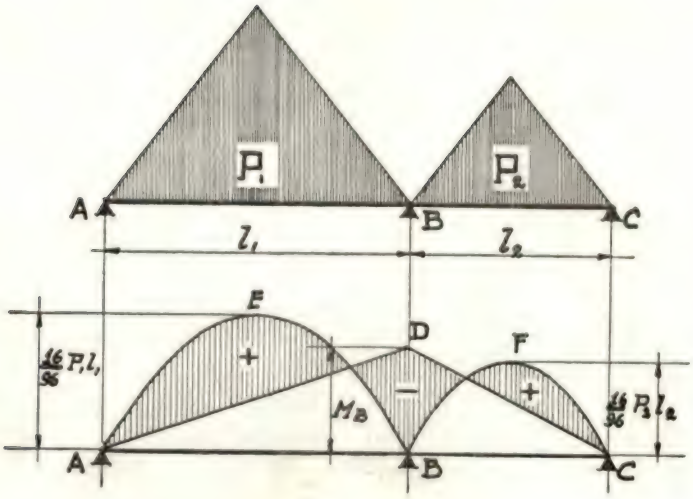


Fig. 57

b) **Cargas triangulares** (Caso de um lintel de dois tramos suportando uma parede cuja altura é pelo menos igual a 3/4 do vão maior).

O momento flector na secção B tem o valor:

$$M_B = -\frac{5}{32}\left(\frac{P_1 l_1^2 + P_2 l_2^2}{l_1 + l_2}\right)$$

O diagrama dos momentos flectores é formado pelas duas curvas A E B e B F C e pela linha de fecho A D C (fig. 57).

Os valores das diferentes ordenadas destas duas curvas são dados pela fig. 58.

No caso de um lintel que suporta uma parede cuja altura é pelo menos igual a 3/4 do vão maior, as cargas trianguladas têm o valor:

$$P_1 = \frac{5}{16}\,p l_2^2 \text{ e } P_2 = \frac{5}{16}\,p l_2^2$$

em que p representa o pêso do muro por metro quadrado.

Estas cargas trianguladas correspondem a alturas de parede respectivamente iguais a:

$$\frac{5}{8}\, l_1 \text{ e } \frac{5}{8}\, l_2$$

Caso particular: Dois vãos iguais e cargas triangulares iguais ($l_1 = l_2$ e $P_1 = P_2$).

O momento no apoio B será:

$$M_B = -\frac{15}{96}\, P\, l$$

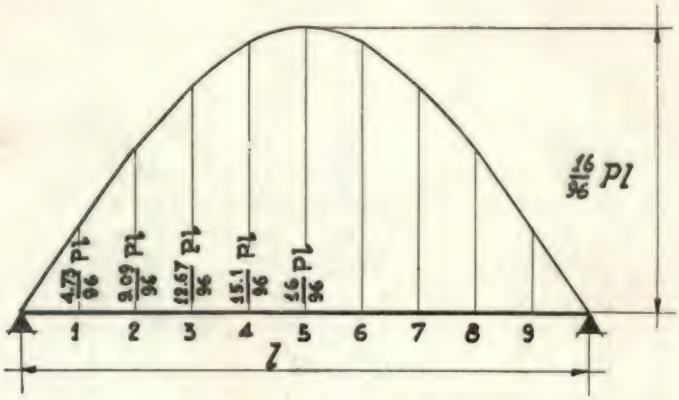


Fig. 58

---

c) Cargas concentradas quaisquer.

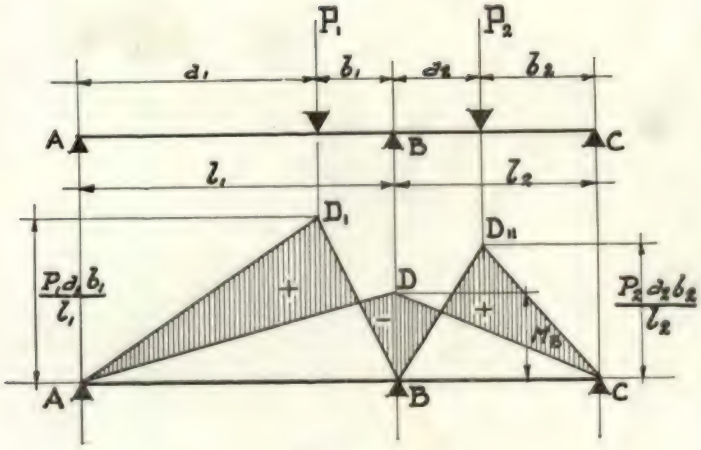


Fig. 59

O momento flector na secção do apoio B tem o valor:

$$M_B = -\frac{1}{2\,(l_1 + l_2)}\left(\frac{P_1 a_1 (l_1^2 - a_1^2)}{l_1} + \frac{P_2 b_2 (l_2^2 - b^2)}{l_2}\right)$$

O diagrama dos momentos flectores é formado pelos dois triângulos (AD_1B e $BD_{11}C$) e pela linha de fecho ADC.

Caso particular: Dois tramos iguais com cargas concentradas a meio dos vãos ($l_1 = l_2$ e $a_1 = a_2 = b_1 = b_2$).

O momento no apoio B será:

$$M_B = -\frac{3}{16}\, P\, l$$

---

d) **Cargas distribuídas parciais e simétricas.**

O momento flector na secção do apoio B tem como valor (fig. 60):

$$M_B = -\frac{1}{4(l_1 + l_2)} P_1 a_1 (3 l_1 - 2 a_1) + P_2 a_2 (3 l_2 - 2 a_2)$$

em que:

$$P_1 = p_1 a_1 \quad e \quad P_2 = p_2 a_2$$

Caso particular: dois vãos iguais e cargas iguais ($l_1 = l_2$ e $P_1 = P_2$).

O momento de apoio B será:

$$M_B = -\frac{P a}{4 l} (3 l - 2 a)$$

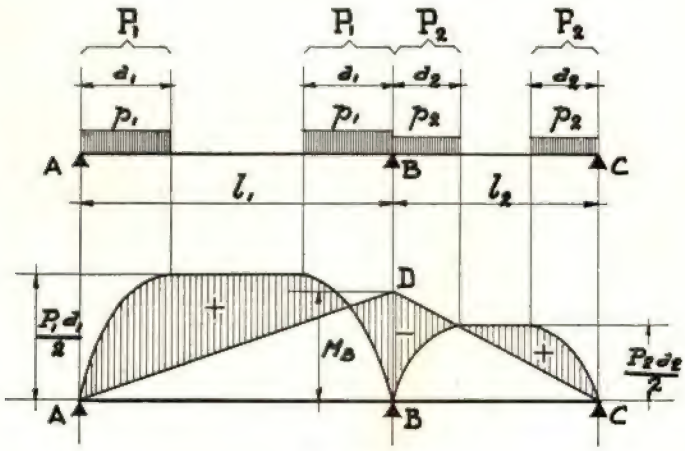


Fig. 60

(Continua)

LOCOMOTIVAS DIESEL

Algumas notas sôbre uma locomotiva dêste tipo, a primeira vinda para Portugal

POR OLÍMPIO COELHO DA ROCHA

(Do Curso de Engenharia Civil)

Julgam muitas pessoas — algumas mal informadas, outras por exacerbado fanatismo por aquilo que para elas representa o supra-sumo do progresso dos transportes (o automóvel) — «*que o caminho de ferro é uma relíquia de outra civilização, uma velharia inútil, uma instituïção moribunda, a resguardar, em breve, nos museus, para deleite de antiquários e pasmo de turistas*» (1).

Fácil será demonstrar às primeiras — que para as segundas todo o fracasso é possível... — o contra-senso de tal afirmação, se colocarmos no seu devido lugar, a função económica e social que cabe ao Caminho de Ferro e à Camionagem.

E a verdade é que, se a Camionagem é um meio cómodo e económico, para o transporte colectivo de passageiros e mercadorias a pequenas distâncias, o Caminho de Ferro pode competir com ela em boas condições, se não em trajectos curtos, em percursos extensos — e, neste caso, fá-lo em absoluto.

É certo, porém, que o Caminho de Ferro vem atravessando um período de crise financeira, que dificilmente tem conseguido vencer — os *deficits* são, há alguns anos, a «moeda corrente» de quási tôdas as companhias portuguesas!

Mas essa crise — crêmo-lo em absoluto — pode ser passageira e com ela a ninguém será possível demonstrar a «antiguidade» ou a «ineficácia» de tal sistema de transporte!

Não é neste facto, a nosso ver, que o mal reside, mas — um dos males... — na forma como a exploração dos Caminhos de Ferro continua a ser feita em algumas companhias, embora (justiça é devida), êsse facto se não possa imputar à maioria dos seus corpos directivos.

Mas a verdade é que em Portugal pouco se tem avançado quanto à modernização de, por exemplo, o material circulante dos Caminhos de Ferro!

Assim, enquanto no estrangeiro a locomotiva a vapor se actualizou, quer com novas concepções mecânicas, quer com um novo aspecto aerodinâmico (que muitíssimo diminue, como se sabe, o esfôrço de tracção, aumentando, por conseqüência, a economia de exploração) ou cedeu, em muitos casos, o seu lugar às máquinas de combustão interna ou eléctricas — que, incontestàvelmente, oferecem muito melhores garantias de economia de transporte e comodidade aos passageiros — no nosso país, a máquina a vapor continua a predominar em absoluto, conforme foi concebida há meio século!...

Não nos referimos já às carruagens e vagões, porque, de facto, alguma coisa se tem feito para a sua modernização.

Assim, a C. P., adquiriu há pouco nos Estados Unidos 28 carruagens de um novo tipo, até agora desconhecido na Europa e, mesmo, em quási todos os países do mundo — algumas das quais constituem já, como se sabe, a composição do chamado Expresso de Prata.

Além disso, nas suas oficinas do Barreiro e Campanhã está a proceder à transformação de carruagens de bogie mixtas, em classe única, ou transformando carruagens dêste tipo de 1.ª classe, em 2.ª ou 3.ª classe; à transformação das antigas carruagens de dois eixos de 1.ª classe, em 2.ª ou 3.ª classe, etc., num total de

(1) Da conferência feita pelo Ex.mo Sr. Prof. Eng. Vicente Ferreira, na Câmara Municipal de Lisboa, em 22 de Janeiro de 1934.

130 veículos [1] estando a maioria destas transformações a esta data realizadas.

O mesmo vem sucedendo na maioria das outras companhias portuguesas.

Mas quanto a locomotivas!... o progresso tem sido quási nulo!

Se bem que haja ainda algumas em óptimo estado, muitas delas, principalmente nas linhas de via reduzida, já ultrapassaram há muito o prazo que o mais optimista dos seus construtores lhes previu, para duração com rendimento.

Vejamos, pois, o avanço formidável que a técnica da construção de locomotivas de combustão interna alcançou nestes últimos anos e quais as conclusões que podemos tirar, para a sua aplicação aos nossos Caminhos de Ferro tendo também em atenção as experiências levadas a efeito pela Companhia Nacional de Caminhos de Ferro, com a sua máquina Diesel recentemente adquirida e que é a primeira a trabalhar em Portugal.

*

Como se sabe, a primeira locomotiva Diesel foi construída na Alemanha em 1913 e só mais tarde — em 1923 — êste tipo de tractor apareceu na América, possuindo já, como é natural, todos os aperfeiçoamentos que a sua experiência na Europa havia aconselhado.

Os resultados das experiências a que esta locomotiva foi sujeita, não se conhecem bem, mas sabe-se que os seus principais defeitos, estavam no atrazo sofrido pela inflamação do combustível e na conjugação directa do motor com os eixos de accionamento.

Pesava esta locomotiva 87 ton. e possuia uma potência de 1.000 CV.

Perante estes resultados, surgiu aos construtores a necessidade de modificarem vários órgãos da locomotiva e assim procurou-se:

a) Pôr em marcha o motor Diesel sem que êste estivesse conjugado com os eixos de accionamento;

b) Vencer o atrito de movimento inicial, para o que seria necessário obter uma fôrça suficiente para o efeito;

c) Em virtude da condição *a*), tornou-se necessário intercalar um meio de transmissão de movimento, entre a árvore do motor e os eixos de accionamento, transmissão esta que devia oferecer a necessária elasticidade, além da possibilidade de conseguir velocidades variáveis, como é exigido nos Caminhos de Ferro.

Tôdas estas prescrições técnicas se têm ido conseguindo, embora lentamente, por forma que a actual locomotiva Diesel satisfaz, em absoluto, à tracção ferroviária.

Porém, tôdas estas necessidades de construção fazem com que estas locomotivas se tornem mais complicadas, mais pesadas e mais caras, que uma locomotiva a vapor do tipo usual.

Estes inconvenientes não tem impedido, porém, a sua cada vez maior aplicação nos modernos Caminhos de Ferro.

Assim, existem hoje vários tipos de locomotivas Diesel, todos tendo provado, melhor ou pior, a excelencia da sua aplicação como tractores de Caminho de Ferro.

Entre os mais empregados citaremos:

A) *Locomotivas Diesel Eléctricas:*

A transmissão eléctrica, sendo perfeitamente flexível, faz com que êste tipo de locomotiva seja bem adaptável aos mais diversos serviços da exploração ferroviária, mesmo ao serviço de manobras.

Nestas locomotivas o motor Diesel acciona compressores de corrente eléctrica, utilizando-se esta para fazer mover os motores eléctricos de tracção.

Possuem locomotivas dêste tipo os seguintes países:

Rússia, nos Caminhos de Ferro Soviéticos — locomotiva com a potência de 1.200 CV; Inglaterra, no «London & North Eastern Railway» — locomotiva de 1.000 CV; Japão — locomotiva do tipo 1 C 1; os Estados Unidos da América, no «Canadian National Railwys» — locomotiva de duas unidades do tipo 2 D 1, com uma potência de 1.330 CV; a França — locomotiva de 4.000 CV, em serviço no Sud-Este francês, etc.

B) *Locomotivas Diesel com Transmissão Hidráulica:*

Estas locomotivas utilizam um líquido como fluido motor, estando a ser estudadas na Ale-

[1] Boletim da C. P. n.º 136.

manha, Inglaterra e Suécia, mas os resultados obtidos não correspondem ainda ao que dêste modo de transmissão se espera.

O rendimento da Transmissão Hidráulica não é suficiente e as perdas entre o pistão do motor e o gancho da locomotiva, atingem 58% da potência indicada.

Construíram-se apenas a título de ensaio algumas locomotivas de fraca potência — 400 a 500 CV.

C) *Locomotivas Diesel com Transmissão Pneumática:*

Nestas locomotivas o motor Diesel acciona compressores de ar, sendo êste logo o elemento motor.

Êste modo de transmissão tem algumas vantagens: permite, especialmente, utilizar o calor do gás de refrigeração, para reaquecer o ar comprimido motor e aumentar, por esta forma, o rendimento térmico da máquina.

Por outro lado, êste género de transmissão apresenta várias dificuldades, que ainda não estão resolvidas em definitivo.

Estão em construção vários tipos destas locomotivas, sendo o mais importante uma locomotiva dos Caminhos de Ferro do Reich.

É uma locomotiva para passageiros do tipo 2 C 2, com uma potência normal de 1.000 CV, trabalhando com ar comprimido a 7 at., sobreaquecido pelo calor do gás de escape — à volta de 320° C.

Os ensaios têm demonstrado que se pode utilizar, a esta pressão relativamente baixa, o ar como fluido motor, sem recear os depósitos de óleo carbonizado, nem as explosões do lubrificante.

O arranque dêste tipo de locomotiva é fácil, pois o motor Diesel e o compressor podem funcionar primeiro, pondo em movimento a locomotiva, depois.

D) *Locomotivas Diesel com Transmissão Mecânica:*

Dêste tipo têm-se construído várias locomotivas, sendo as mais importantes: uma para mercadorias, dos Caminhos de Ferro Soviéticos — é uma locomotiva do tipo 1 E 2 com uma potência máxima de 1.200 CV, sôbre a árvore do motor. O rendimento desta locomotiva é de cêrca de 29%, superior, portanto, ao das locomotivas Diesel Eléctricas, que não vai além de 25 %.

Uma locomotiva para mercadorias do tipo 1 C 1, dos Caminhos de Ferro Japoneses [1].

*

As principais vantagens que oferece o motor Diesel, aplicado como tractor aos Caminhos de Ferro, são:

a) O elevado rendimento destas locomotivas; com efeito, com uma locomotiva Diesel podemos obter, sôbre a árvore do motor, 32 a 35 % da energia contida no combustível, enquanto que, nas máquinas a vapor, êsse rendimento não vai além de 7 a 8 %.

b) A ausência de fumos e do perigo da explosão do combustível.

c) O dispêndio quási insignificante de água e o volume reduzido que ocupa o combustível necessário para grandes percursos.

Esta vantagem é principalmente de atender quando estas locomotivas se empregam como tractores de combóios de passageiros, pois permite uma deminuïção notável de demora nas estações para efeito de aprovisionamento de água e, por vezes, combustível — como se dá com as máquinas a vapor.

Como principal inconveniente figura o mais elevado preço destas locomotivas (2 a 3 vezes o de uma locomotiva a vapor de igual potência) e a maior delicadeza dos seus órgãos, que faz com que só empregados especializados com elas devam trabalhar.

Para o nosso país deve acrescentar-se ainda um facto que muito recomenda o emprêgo destas locomotivas Diesel: a grande economia de exploração que com elas se consegue, como se verá adiante.

*

Vamos agora dar algumas notas sôbre a locomotiva Diesel, adquirida em 1938 pela Companhia Nacional de Caminhos de Ferro.

É uma locomotiva do tipo 1-C-1 com motor de 4 tempos, simples efeito, 8 cilindros em V, de

---

[1] Bulletin du Congrés des Chemins de Fer — Janeiro de 1931.

transmissão mecânica e com uma potência normal de 400 CV = 800 rotações por minuto.

O motor trabalha pelo processo da ante-câmara sem compressor.

A sua constituïção, duma maneira geral, é idêntica à de todos os motores Diesel dêste tipo, com uma ou outra variante que é segredo de construção.

Fig. 1 — A «Lydia», primeira locomotiva Diesel adquirida para Portugal

As disposições mais importantes são:

Quanto à regulação: o regulador é do tipo centrifugo, duma grande sensibilidade; actua directamente sôbre a bomba de injecção fazendo a dosagem do combustível necessário aos cilindros no tempo de admissão.

Estabelece ao mesmo tempo uma velocidade determinada, conforme a tensão recebida pelas suas molas e o momento de rotação mantém-se constante durante a deminuïção das rotações, satisfazendo assim uma exigência capital da exploração de locomotivas.

Transmissão: intercalado entre o motor e a transmissão encontra-se um acoplamento de molas de fôlhas.

Êste serve principalmente para compensar as oscilações de rotação do motor.

A Distribuïção: é uma construção a 4 graus e possibilita quatro velocidades: a 15,5, a 22,0, a 36,0 e a 52,0 km/hora em cada sentido de marcha.

A Lubrificação: é feita por meio de uma bomba de rodas dentadas.

O óleo que se acumula na cruzeta, purifica-se por intermédio de um filtro e é enviado de novo para os locais a lubrificar, por intermédio de bombas.

O bloco e a cabeça dos cilindros, são arrefecidos por meio de água, que é levada aos locais a arrefecer por uma bomba rotativa.

A circulação de ar é feita por meio de um motor armado em ventilador.

O óleo lubrificante do motor é arrefecido por um refrigerador de óleo, colocado antes do refrigerador de água.

Quando haja falta de pressão o motor deve ser parado.

Combustível: o combustível normal é o gas-oil, mas pode também trabalhar com petróleo, bem como com todos os óleos geralmente usados nos motores Diesel.

A quantidade de combustível gasto por CV/hora, regula por 190 gr.

*

Emprega a Companhia Nacional de Caminhos de Ferro esta locomotiva na sua linha de Tua a Bragança e, indistintamente, no reboque de combóios de passageiros e mercadorias.

Substitue assim as suas locomotivas a vapor do tipo 1-3-0, locomotivas tender, vapor saturado, simples efeito de dois cilindros exteriores.

O percurso de Tua a Bragança (134,200 km) é feito por esta locomotiva, rebocando combóios de passageiros, em 3,21 h, enquanto que as máquinas a vapor gastam 4 horas!

Não se obteve, porém, o máximo de velocidade que esta locomotiva pode alcançar, quer pela dificuldade do percurso, quer porque seria necessário estabelecer um horário especial para os combóios rebocados por ela, o que era impossível, pois não seria fácil garantir o seu funcionamento normal durante meses consecutivos.

Mas nem só em velocidade esta locomotiva Diesel é superior às locomotivas a vapor da citada linha; a experiência demonstrou que em todo o percurso ela pode rebocar uma tonelagem sensivelmente superior à destas, tonelagem que só é ultrapassada pela que pode rebocar uma locomotiva tender, articulada, sistema Mallet, vapor saturado, dupla expansão 4 cilindros exteriores (2 de alta e 2 de baixa tensão) do tipo 0-2-2-0 pertencente à linha do

Vale do Corgo e que se encontra a fazer serviço de Tua a Mirandela, rebocando combóios de mercadorias.

A economia de consumo obtida com esta locomotiva é de-veras notável.

Enquanto que as locomotivas a vapor da linha de Tua a Bragança têm um consumo por km/trem de 9,200 kg de carvão e um consumo por tonelada quilómetro de 0,120 kg, e

Fig. 2 — Note-se a simplicidade e possibilidade de fácil limpeza, do interior da cabine

as da linha do Vale do Corgo 15,500 kg e 0,180 kg, respectivamente por quilómetro trem e por tonelada quilómetro, esta locomotiva Diesel consome 1 kg, por quilómetro trem e 0,012 kg, por tonelada quilómetro de gas-oil!...

Quere dizer, considerando os preços de antes da guerra para o carvão e gas-oil, que eram, respectivamente, de 200$00 a tonelada e $90 o quilograma, vemos que, enquanto a máquina do Vale do Corgo gasta 3$10 por quilómetro trem e as do Tua a Bragança 1$80, a locomotiva Diesel gasta apenas $90!...

E estes números falam por si!...

Porém, quando esta locomotiva seria mais útil para a C. N. C. de F. — porque incontestàvelmente o seria na época actual, pela dificuldade de obtenção de carvão, pelo seu elevado preço e porque sendo-se obrigado ao emprêgo de lenha, o rendimento que assim se obtém é pequeníssimo—, a locomotiva avariou e assim está, contra, como é natural, a vontade da Companhia, pela dificuldade de se conseguir as peças desejadas.

*

Por tudo que fica dito podemos concluir: As locomotivas Diesel podem ser empregadas no nosso país com a quási certeza antecipada do seu êxito, na substituïção das locomotivas a vapor, pois com elas se pode obter: maior velocidade, maior capacidade de reboque, maior economia e, incontestàvelmente, maior comodidade para os passageiros e isto em tôdas as linhas portuguesas, pois a linha de Tua a Bragança é uma das mais acidentadas e, por conseqüência, das mais difíceis do nosso país.

E porque as vantagens do emprêgo destas locomotivas, ou das automotoras, são bem evidentes, o Congresso Internacional de Caminhos de Ferro, na sua reünião de 12 de Maio de 1930, reconhecendo-o, aconselha:

«Tôdas as vezes que o tráfego permita a substituïção da máquina a vapor por uma automotora, a experiência mostra que a substituïção apresenta uma vantagem financeira, que será mais importante ainda, no dia em que os ensaios em curso sôbre os novos carburantes (óleos pesados, carvão de madeira, etc.) e mesmo sôbre outras espécies de energia, como os acumuladores eléctricos, tenham confirmado os resultados já obtidos na hora actual.»

QUESTÕES DE ALTA PRESSÃO

POR F. DE ALMEIDA E CASTRO

(Do Curso de Engenharia Mecânica)

O enorme desenvolvimento do motor Diesel durante êste século e a constante necessidade de redução do custo da potência — mecânica ou eléctrica — levou os construtores de instalações a vapor (caldeiras, máquinas, turbinas) a procurar melhores utilizações para os seus produtos.

Seus esforços iniciais se consagraram, quási exclusivamente, à melhoria do rendimento das turbinas; porém, nos últimos 20 anos tem-se reconhecido uma importância cada vez maior aos aperfeiçoamentos que influem no rendimento global da instalação, isto é, que permitam realizar uma colaboração mais económica entre o gerador, a máquina e o condensador.

Assim nasceram, o aquecimento prévio do ar da combustão pelos gases quentes cujo calor se iria perder, o pré-aquecimento da água de alimentação das caldeiras pelo aproveitamento do calor contido no vapor de escape das máquinas e turbinas e vários outros, hoje correntíssimos, melhoramentos no ciclo termo-dinâmico do sistema.

É, porém, indubitável que o grande progresso verificado nas instalações de vapor se deve, em elevado grau, à moderna concepção e utilização de caldeiras e máquinas funcionando com vapor a altas pressões, inicialmente da ordem das 25 atmosferas, e que, hoje, já ultrapassam em muito os 100 kg/cm².

Tal se não fêz, no entanto, sem que tenha sido necessário enfrentar grandes dificuldades, suscitadas por novos problemas até então ignorados, vencendo algumas e torneando outras com soluções de emergência.

É meu intuito dar aqui uma ideia de algumas dessas dificuldades e da maneira, por vezes curiosa, como foram e ainda são resolvidas. Os fundamentos da utilização das altas pressões já foram expostos nesta Revista, por um colega nosso (1).

Resistência de Materiais

As primeiras objecções técnicas opostas à introdução das altas pressões de vapor, resulram da questão das caldeiras. Se considerarmos os númerosos problemas ainda não solucionados naquela época (1920), concordaremos em que estas objecções não eram injustificadas.

Primeiro que tudo, deveria resolver-se a questão respeitante aos materiais de construção e aos métodos de tratamento, pois era fora de dúvida que os materiais e os métodos utilizados para as pressões normais só poderiam ter emprêgo na construção das caldeiras de alta pressão, quando os limites de resistência daqueles não fôssem ultrapassados.

Um outro problema, não menos importante, consistia em saber se o método usual de cálculo das resistências poderia ser considerado satisfatório no domínio das altas pressões de vapor.

No que respeita à fabricação, ao ensaio e à laminagem dos materiais utilizados na construção das caldeiras, fizeram-se algumas pesquisas nos círculos interessados. Já em 1924 o professor Goerens estava habilitado a fornecer preciosos esclarecimentos sôbre esta matéria à Conferência para as Altas Pressões da V. D. I. (União dos Engenheiros Alemãis), que se podem resumir aos seguintes tópicos:

a) No cálculo dos corpos cilíndricos das caldeiras não se deve considerar apenas a resistência à rotura, mas também o limite de elasticidade e adoptar, por conseqüência, uma mar-

(1) Técnica n.º 108.

gem de segurança suficiente contra as deformações permanentes;

b) Em resultado, os aços especiais adquirem, em relação ao aço macio, uma importância crescente com a pressão;

c) Na construção dos corpos cilíndricos, deve evitar-se todo o estiramento a frio, e trabalhar o material exclusivamente a quente.

A-fim-de se poder abranger a diferença entre estas concepções e as antigas, Goerens apresentou o seguinte exemplo comparativo:

Suponha-se que, na construção duma caldeira para uma pressão de 13 kg/cm², estabelecida segundo as prescrições antigas com um coeficiente de segurança igual a 4, se usaram chapas de aço macio com uma carga de rotura de 3600 kg/cm². O esfôrço máximo admitido sôbre o material é, portanto de:

$$\frac{3600}{4} = 900 \text{ kg/cm}^2$$

Ora, com uma pressão efectiva de 13 atmosferas, a temperatura correspondente do vapor saturado atinge 194° centígrados e é esta a temperatura mínima a que as paredes da caldeira vão estar sujeitas. Consultando as características do aço macio de 3600 kg/cm² verifica-se que a carga de rotura atinge, àquela temperatura, 4400 kg/cm²; desta forma, o coeficiente de segurança contra a rotura atinge 4,9, isto é, aumenta com a temperatura.

Porém, as côres dêste quadro mudam imediatamente quando, de acôrdo com as prescrições modernas, se calcula a segurança relativamente ao limite de elasticidade. Se, à temperatura normal de 20° o limite de elasticidade é, por exemplo, de 2000 kg/cm², tem-se um coeficiente de segurança de:

$$\frac{2000}{900} = 2{,}2$$

A 194°, o limite de elasticidade, descendo a 1.700 kg/cm², faz baixar a segurança contra a deformação permanente para:

$$\frac{1700}{900} = 1{,}9$$

Se se considerarem, agora, as condições relativas às pressões mais elevadas, esta queda acentua-se. Já com uma pressão de 40 kg/cm² e a correspondente temperatura do vapor de 250° o limite de elasticidade cai a cêrca de 1450 kg/cm², donde resulta um factor de segurança de 1,6, que, de nenhum modo, se pode considerar como suficiente.

Entre os materiais de contextura especial que entram na construção dos corpos cilíndricos para altas pressões, podem citar-se:

a) O aço macio Siemens-Martin, de alta resistência;

b) Os aços-Níquel com 3 a 5 %. Para êste último (5 %) nota-se que, por exemplo, a 300° C o limite de elasticidade tem ainda o elevado valor de 2200 kg/cm² enquanto que para o aço macio vulgar êste não ultrapassa 1200 kg/cm².

Por outro lado, deve ser prescrito que, para as pressões consideradas altas, o material para a construção dos corpos cilíndricos se ensaie cuidadosamente, por pequenas provetas de ensaio. Estes ensaios devem estender-se à verificação da resistência ao choque, que dá uma idéia exacta da qualidade do material, revelando, simultâneamente, um possível tratamento térmico defeituoso do material.

Para a construção dos corpos cilíndricos para altas pressões, podem aplicar-se vários processos, a saber:

1) Corpos cilíndricos com cravação longitudinal e fundos cravados;

2) Corpos cilíndricos soldados com fundos cravados ou embutidos;

3) Corpos cilíndricos sem soldadura, com fundos cravados ou embutidos.

O primeiro dêstes processos é, de todos, o menos conveniente. Dos dois mais usados, o segundo tem um inconveniente: não podem ser empregados os aços-Níquel a que já fiz referência, dada a enorme dificuldade que existe em soldar estes aços. Pelo terceiro processo os corpos cilíndricos são fabricados à prensa, estirados e laminados, isto é, forjados sem qualquer espécie de soldadura ou costura longitudinal. Esta técnica exije uma oficina equipada com prensas especiais, de grandes dimensões.

Cabe às firmas Krupp (alemã) e J. Brown (inglêsa) o mérito da construção dos primeiros corpos cilíndricos para caldeiras, fabricados por êste processo.

No que diz respeito aos tubos de sobreaque-

cedor, estão estes sujeitos a temperaturas ainda maiores, da ordem dos 400°. Experiências feitas por várias casas construtoras, provaram a superioridade do Ferro-Níquel-Crómio e do Ferro-Crómio como materiais resistentes ao ataque pelos gases quentes àquelas temperaturas. Têm um inconveniente: o seu elevado custo.

Transmissão do calor

É sabido que um aumento de pressão envolve um aumento do grau de sobreaquecimento do vapor. Para obter, por conseqüência, a maior eficiência na utilização do vapor, ao projectar-se uma caldeira de alta pressão, há que atender tanto aos problemas que tal pressão suscita, como aos levantados pela alta temperatura indispensável ao bom rendimento da instalação.

Para a obtenção de tais pressões e temperaturas, seria necessária uma grande superfície de transmissão do calor, para que a temperatura dos gases fôsse reduzida a graus comparáveis às que se obtêm nas caldeiras vulgares de baixa pressão. Para não aumentar em demasia as dimensões da caldeira foi, então, adoptada uma outra solução: os gases deixam a caldeira a uma temperatura proporcionalmente mais alta, mas o calor que êles transportam é aproveitado mais adiante por outras vias (pré-aquecimento do ar de combustão, etc.)

Como se sabe, o projecto duma caldeira não pode separar-se da consideração da natureza do combustível que vai empregar-se e da forma como êste se vai queimar. Uma grande câmara tem a vantagem de permitir uma completa combustão do combustivel, com pequeno excesso do ar, elevando, portanto, a temperatura na caixa de fogo. Isto permite distribuir a superfície de acção directa do calor de forma a expô-la, o máximo, aos efeitos da radiação dos gases quentes, factor que hoje é censurável não aproveitar. Tudo isto pode, no entanto, obter-se sem aumento exagerado no volume da câmara de combustão, pelo emprêgo de carvão pulverizado ou de outros combustiveis, líquidos e gasosos e pela utilização das fornalhas de paredes resfriadas que assim, se manterão a uma temperatura inferior ao ponto de fusão das cinzas que caem sôbre elas, reduzindo assim a formação de jorra.

É importante notar ainda que, com o aumento das pressões nas caldeiras e a consequente elevação no consumo de materiais e de mão de obra, os gastos do estabelecimento das caldeiras foram notàvelmente acrescidos. Daqui a enorme importância conquistada pela utilização dos gases quentes, em economizadores e aquecedores de ar. Ainda isto milita a favor da utilização do carvão pulverizado ou dos óleos combustíveis, visto que assim, não existindo grelha, não há, pode dizer-se, qualquer restrição no que diz respeito à temperatura de aquecimento do ar de combustão e, portanto, pode procurar-se, sem restrições, a maneira mais económica de aproveitar o calor contido nos gases da combustão. Foi o célebre engenheiro H. Yarrow quem, em 1928, trouxe à baila esta importante circunstância, numa conferência pronunciada perante a Associação Britânica, em Glasgow.

Dada a necessidade premente da obtenção de altos coeficientes de transmissão do calor, é óbvia a carência de uma rápida circulação interna na caldeira. Mas, à medida que a pressão aumenta, as bôlhas de vapor tornam-se mais pequenas e, por isso, a velocidade de circulação tende a diminuir, daí a tendência para a utilização de caldeiras com tubos de água muito inclinados, ou mesmo verticais, e o mais rectos que é possível.

Água de alimentação

Outra exigência importante das caldeiras para pressões elevadas é a da purificação da água de alimentação. Isto constitue uma premente necessidade, não só porque, sendo muito rápida a transmissão de calor, e, portanto, a produção de vapor, as bôlhas se encostariam às paredes dos tubos, sobreaquecendo-os e facilitando, assim, a sua corrosão pelos gases que a água traga em dissolução, mas também pelos nocivos efeitos da *fragilidade cáustica*, fenómeno outrora desprezado, e até negado, e que se verifica sempre que as chapas das caldeiras estejam fatigadas por excessivo trabalho de cravação e na água exista uma certa concentração de sais de sódio.

Acessórios

Para terminar, apresento ainda algumas prevenções sôbre os acessórios para as caldeiras de alta pressão, enunciadas ainda por H. Yarrow na conferência a que já me referi.

Assim, o maior cuidado se requere na construção dos reguladores de alimentação, de forma a assegurar-se uma instantânea resposta a tôda e qualquer solicitação da caldeira, mantendo, tanto quanto possível, constante o nível da água dentro do corpo cilindrico.

As válvulas de segurança também exigem especial consideração, visto que a acção abrasiva do vapor de alta pressão tende a desgastar ràpidamente as sedes e as válvulas. Isto é, usualmente, compensado pela instalação de pequenas *válvulas piloto,* que tomam o lugar das válvulas de segurança enquanto durar a substituïção das peças desgastadas; doutra forma, como as válvulas entram em acção muito freqüentemente, tal substituïção só poderia fazer-se quando a instalação não estivesse em funcionamento.

Pontos Modelos de Exame de Aptidão

Satisfazendo numerosos pedidos, publicamos mais alguns pontos dos exames de aptidão ao I. S. T. realizados nos dois últimos anos.

Matemática

XXV — Do alto de uma tôrre deixa-se cair uma pedra e regista-se o tempo que demora a tocar no solo. De meia altura da tôrre deixa-se cair outra pedra e verifica-se que leva menos 2 segundos que a primeira a chegar ao solo. Qual é a altura da tôrre? Discutir o resultado.

XXVI — Resolver o triângulo rectângulo em que um dos catectos tem 50 cm e em que o ângulo oposto é arc cos 0,45.

XXVII — Dada uma circunferência de raio R, um diâmetro e um ponto P móvel sôbre a circunferência, traça-se a partir dêste o raio e a perpendicular sôbre o diâmetro. Mostrar que a área do triângulo rectângulo assim formado não pode ser superior a $\frac{R^2}{4}$ e definir a posição do ponto P para êste valor de arco.

XXVIII — Uma esfera de raio R é interceptada por um cone, de tal forma que o vértice do cone fica sôbre a superfície da esfera e o seu eixo passa pelo centro. Calcular o ângulo de abertura do cone de maneira que a área da esfera que lhe fica exterior seja igual a $\frac{3}{4}$ da área total e calcular o volume do cone que fica dentro da esfera.

XXIX — Dada uma circunferência de raio R e um triângulo isósceles inscrito com a base igual à altura, determinar a distância dos lados ao centro da circunferência e o perímetro do triângulo.

XXX — Representar gràficamente a equação $\frac{x^2}{4} - \frac{y^2}{2} = 1$.

XXXI — Pretende-se encher uma bilha de água com 7 litros de capacidade, utilizando dois copos sempre cheios, respectivamente com 3^{dcl} e 4^{dcl}. Quantas vezes devemos vazar cada um dos copos?

XXXII — Dadas duas circunferências de raio R, passando cada uma delas pelo centro da outra, determinar a área em que os dois círculos se sobrepõem.

XXXIII — É dada uma circunferência de raio R e um trapézio isósceles inscrito. Os lados iguais do trapézio têm de comprimento R e um dos lados paralelos passa à distância $\frac{R}{3}$ do centro da circunferência.
A que distância do centro passa o quarto lado do trapézio?

XXXIV — Resolver a equação:
$\text{sen}^2\, 3x + \text{sen}^2\, 6x = 1$.

XXXV — Uma barra de prata com o toque (ou título) de 0,900 pesa 2.400 gramas. Pretende-se transformá-la numa barra com 6.600 gramas de pêso e 0,833 de toque, juntando-lhe pedaços de outras duas barras misturadas na proporção de 1 : 2. Que relação deve haver entre os toques destas duas barras?

XXXVI — Dado um trapézio rectangular de base a com os lados paralelos respectivamente iguais a $2a$ e $3a$, calcular o volume e a área do sólido que se obtém fazendo-o girar em tôrno do lado oposto à base.

XXXVII — Dada uma circunferência de raio R e uma corda, determinar a posição desta, de forma que seja máxima a área do triângulo que tem a corda por base e o centro da circunferência por vértice. Calcular o valor máximo da área.

XXXVIII — A iluminação de um recinto projectou-se consumindo-se 6.400 watts distribuídos em lâmpadas de dois tamanhos. Cada lâmpada grande tinha o dôbro da potência de uma lâmpada pequena, e o n.º das lâmpadas grandes era de $\frac{3}{5}$ do total. Posteriormente resolveu-se tirar 6 lâmpadas grandes e 4 pequenas, aumentando-se em compensação a potência das restantes. Êsse aumento foi de 100 watts em cada lâmpada grande e de 50 watts em cada uma das pequenas, do que resultou um aumento de 12,5 % na potência total primitiva. Quantas lâmpadas estavam inicialmente projectadas?

XXXIX — Resolver a equação:

$$2x - x^3 = \frac{m^2(2x - x^3) + a^2 x}{m^2(1 + x^2)}$$

e determinar a relação entre a e m para a qual tôdas as raízes têm o mesmo valor absoluto.

XL — Um triângulo rectângulo de catetos a e $2a$ gira em tôrno de um eixo existente no seu plano e paralelo ao cateto maior. Determinar a posição dêsse eixo de forma que os volumes gerados pelas duas partes em que o eixo divide o triângulo sejam iguais.

XLI — Dada uma circunferência de raio R, um diâmetro e um ponto P móvel sôbre a circunferência, une-se P com o centro e com uma extremidade do diâmetro. Determinar posições do ponto P para as quais a área do triângulo assim formado é igual a $\frac{1}{10}$ da área do círculo, e indicar os limites entre os quais variam a área e o perímetro do triângulo quando o ponto P dá uma volta completa.

XLII — Dado um tetraedro regular de aresta a, calcular a distância do centro a uma face.

Ciências físico-químicas

XXXVII — Descreva claramente como se faz a determinação dos pesos moleculares pelo método crioscópico.

XXXVIII — A composição média do ar em pêso é a seguinte:
100 gramas de ar sem vapor de água nem anidrido carbónico contêm 76,87 gramas de azote e 23,13 gramas de oxigénio.
Deduzir a composição em volume para 100 litros.
Porque razão é que a composição centesimal em pêso, não se exprimiu pelos mesmos números do que a composição centesimal em volume?
Se o ar fôsse uma composição o raciocínio feito seria ainda válido?

XXXIX — Descreva claramente as experiências que faria para verificar as leis de Ohm e Joule da corrente eléctrica.
Pode a lei de Joule ser deduzida do princípio geral da conservação da energia?

XL — Uma lâmina metálica de espessura d é introduzida entre as armaduras dum condensador plano, cuja distância é D e colocada paralelamente às armaduras.
Qual é a variação da capacidade?

XLI — Designando por C o calor latente de fusão de uma substância (em unidades de trabalho), por v e v′ os seus volumes específicos respectivamente no estado sólido e líquido, por T a temperatura absoluta, por ΔT uma pequena variação de T e por Δp a variação correspondente de pressão tem-se a fórmula:

$$C = T(v - v') \frac{\Delta p}{\Delta T}$$

Mostrar que o ponto de fusão do gêlo baixa de 0,0083° C quando a pressão aumenta de 1 atmosfera e explicar em linguagem cuidada o fenómeno do regêlo.

$$v = 1{,}1$$
$$v' = 1$$
$$L = 80 \text{ cal. g.}$$

XLII — Exprimir em pêso o resultado da combustão de 1 litro de acetilena e calcular o volume de ar necessário.

XLIII — Tomou-se em gramas exactamente o pêso atómico de um metalóide tetraatómico. Vaporizou-se o corpo. Sabendo que nas condições normais o pêso de 1 litro de vapor é de 5,535 gramas, qual era o metalóide e qual é a sua densidade de vapor?

XLIV — Que atesta o princípio de Arquimedes? Como se faz a sua verificação experimental? Quais são as condições de equilíbrio de um corpo imerso?

XLV — Em que consiste o princípio da homogeneidade?
Supondo que a energia eléctrica utilizada para produzir o calor desenvolvido num condutor de resistência R quando nêle circula uma corrente eléctrica I, depende ùnicamente de R e de I demonstre, partindo das dimensões de R e I que E é proporcional a I^2 R.

XLVI — Como explica o funcionamento do quadro girante de Faraday? Como varia a I da corrente em função do tempo? Faça uma representação gráfica.

XLVII — Que entende por pêso atómico dum elemento?

XLVIII — Uma solução de soda tem uma concentração tal que 10^{cm3} exigem para a sua saturação 11^{cm3},5 de uma solução normal de ácido sulfúrico. Que volume de solução de soda e que volume de água se devem tomar para fazer 1 litro de solução normal de soda?

XLIX — Explique em linguagem cuidada o que significa esta frase: o calor latente de fusão do gêlo vale 80. Em que unidades, no sistema c. g. s., se exprime êste calor latente? Indique as variações de temperatura e volume que se manifestam quando se fornece a 1 kg de gêlo a −5° C. o calor necessário para o converter em vapor.

L — Uma cafeteira eléctrica tomando 3 ampères sob 220 volts gasta 11 minutos para elevar um litro de água de 18° C. ao seu ponto de ebulição. Qual é o seu rendimento, isto é, a percentagem de energia fornecida utilizada para aquecer a água?

LI — Que entende por factores de intensidade ou de tensão e por factores de quantidade ou de extensão de uma forma de energia? Dê exemplos. Qual é o factor de quantidade da energia calorífica? Não pode ser o calor específico. Porquê?

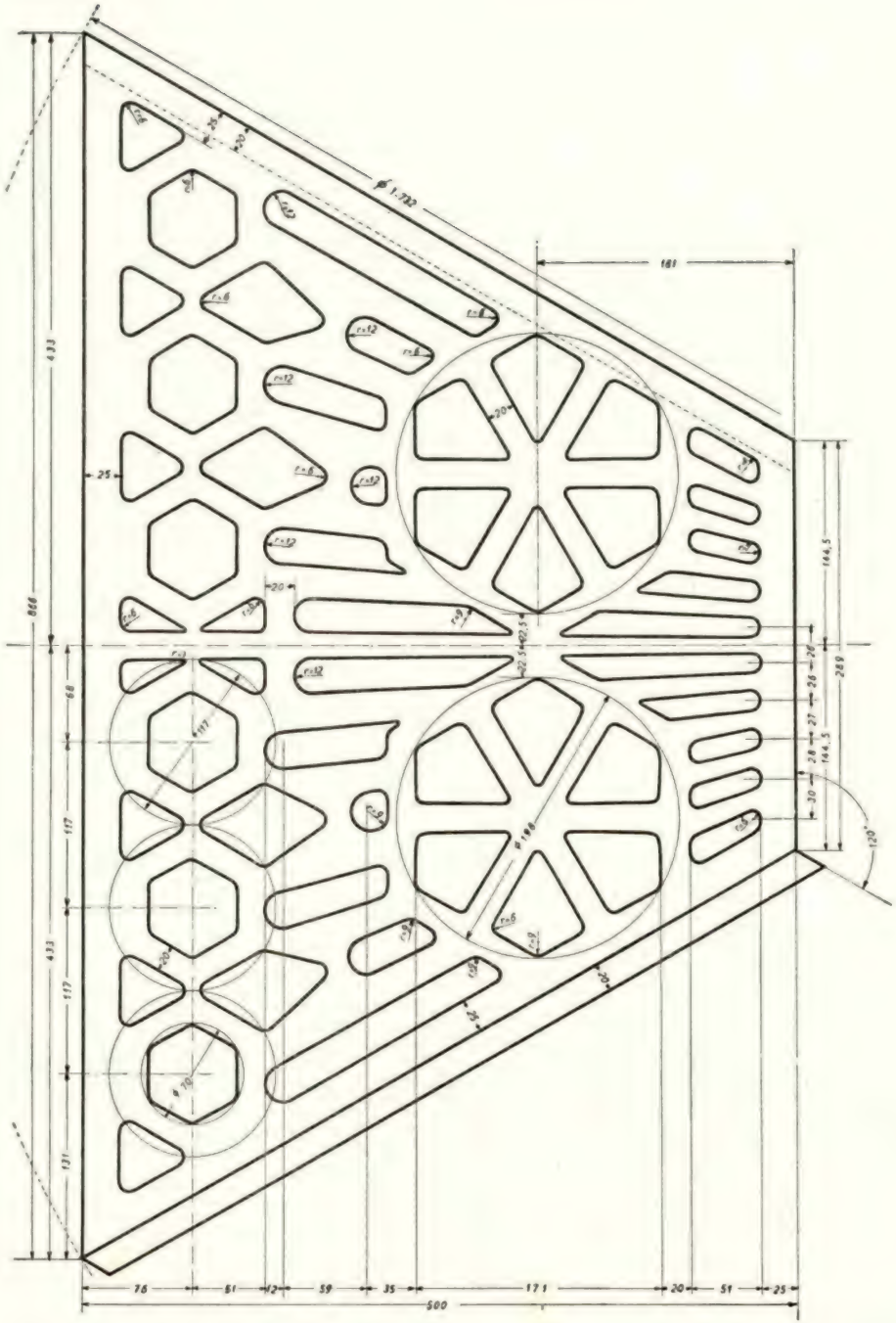
LII — Em que consiste o fenómeno da electrólise? Descreva-o sucintamente mas claramente. Enuncie as suas leis quantitativas.

LIII — Que volume de SO_4H_2 a 98^{gr} por litro se deve adicionar a 20^{cm3} duma solução de soda a 40^{gr} por litro para que a solução fique neutra? Que passa a conter a solução? Qual é a elevação de temperatura que se produz nesta neutralização, sabendo que a neutralização de 40^{gr} de soda pelo SO_4H_2 desenvolve 13.600 p. c.? Admitir que o calor específico das soluções é constante e igual ao da água.

LIV — Que entende por densidades absoluta e relativa e por pesos específico absoluto e relativo dum corpo? Como explica que a densidade relativa e o pêso específico relativo sejam no mesmo lugar da terra representados pelo mesmo número?
Como explica que para o mesmo corpo a densidade absoluta e o pêso específico absoluto sejam representados pelo mesmo número que a densidade relativa e o pêso específico relativo?

LV — A distância dum objecto a uma lente delgada convergente é dupla da distância focal da lente. Demonstre que a imagem e o objecto têm a mesma grandeza.

LVI — Uma lâmpada de incandescência com filamento de tungsténio consome 50 watts sob 220 volts. O diâmetro do filamento é de 25 mícrons. Qual é o valor aproximado do comprimento do filamento? A resistência específica do tungsténio pode ser considerada grosseiramente proporcional à sua temperatura absoluta. A 18° C. tem-se $\rho = 6{,}6 \times 10^{-6}$ ohm $\times$ cm. Pode-se supor que a temperatura do filamento é de 2.500° C. absoluta.



Desenho a executar :

Conforme o modêlo anexo, em pormenor e em conjunto.

Esquadria :

Com as dimensões 48 × 68 cm.

Legenda :

Conforme o modêlo junto.

Designação do desenho :

GRADE DE FERRO FUNDIDO

Escalas :

1/2 para a parte em pormenor.
2/10 para o conjunto.

Acabamento :

Pormenor coberto a tinta da China. Conjunto só a lápis.

Largura dos traços a tinta da China :

1mm, em geral, para o desenho em pormenor.
0mm,2 para a esquadria, para a legenda e para os traços mais finos do desenho.

Traços a lápis :

Finos, bem visíveis e de intensidade uniforme.

Letras, algarismos e setas :

A tinta da China e dos tipos indicados nos modelos de desenho e da legenda.

Linhas de chamada :

Finas, a tinta carmim.

Linhas de cotas :

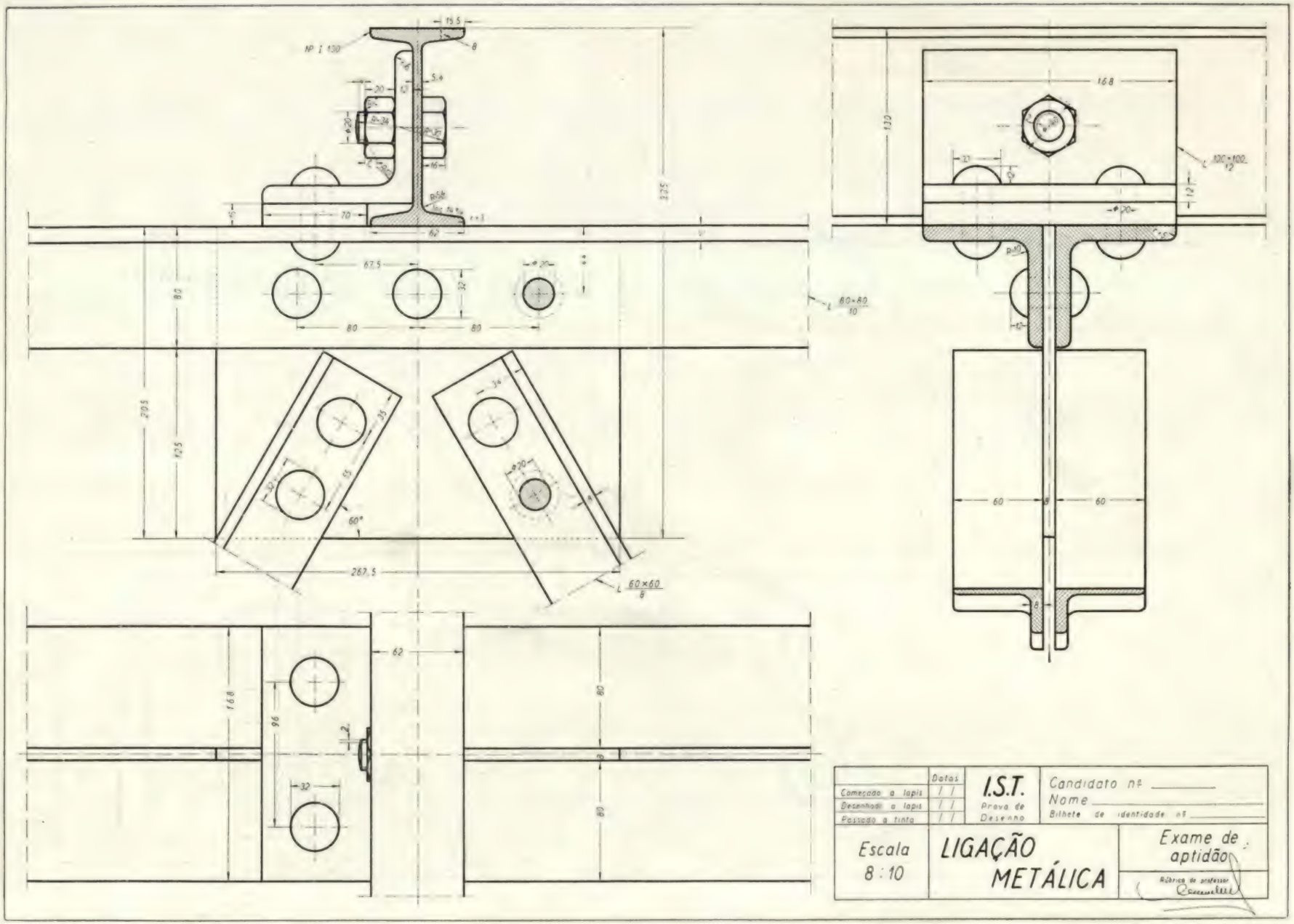
Finas, a tinta azul da Prússia.

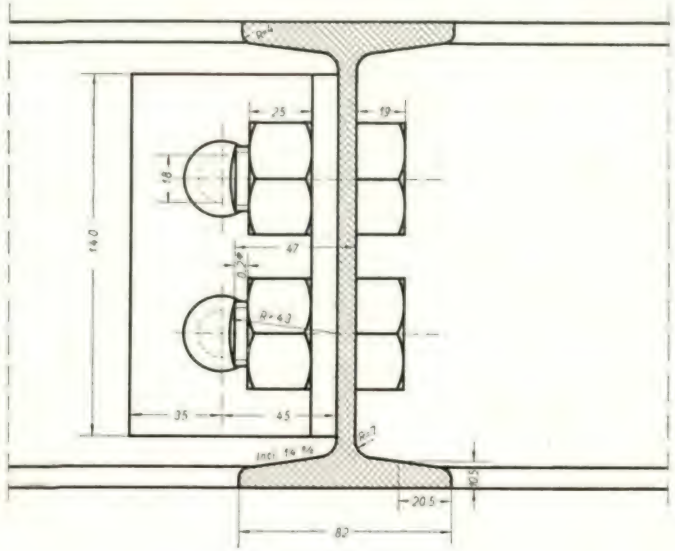
Eixos :

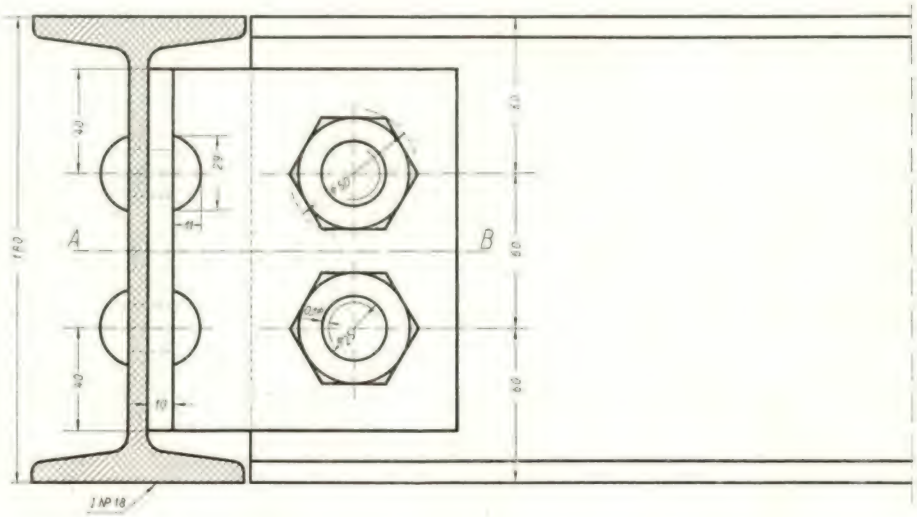
A traço fino e ponto, a tinta carmim.

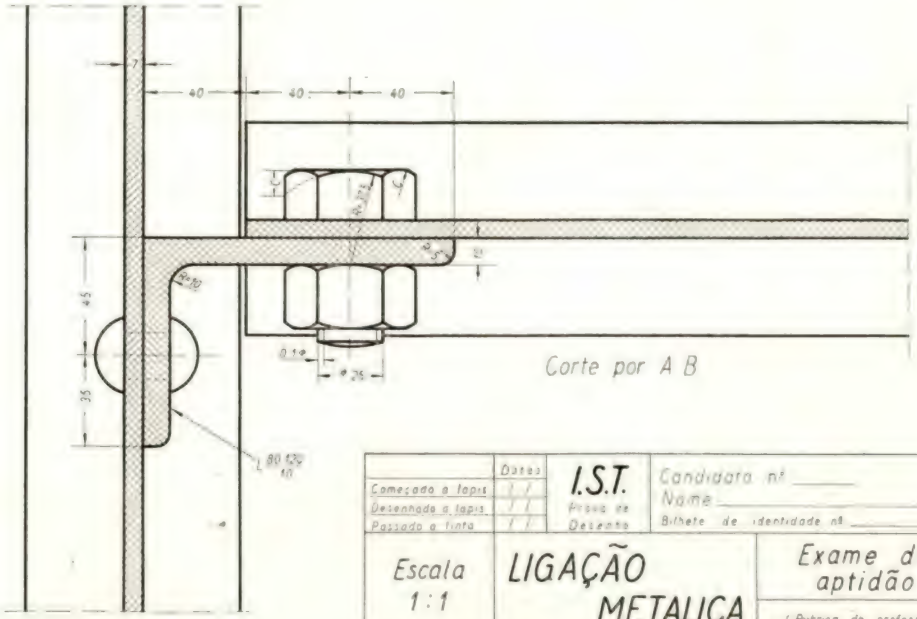
Aguarela :

A tinta fraca, neutra.


Nº I 100
19,5
8
5,4
20
62
ø20
ø24
16
R56
70
62
325
67,5
32
ø20
80
80
80
205
125
35
15
32
60°
267,5
L 80×80/10
L 60×60/8
62
168
96
32
2
80
80
168
130
ø20
L 100×100/12
12
R10
12
60
60
8
Datas
Começado a lápis / /
Desenhado a lápis / /
Passado a tinta / /
I.S.T.
Prova de Desenho
Candidato nº
Nome
Bilhete de identidade nº
Escala 8 : 10
LIGAÇÃO METÁLICA
Exame de aptidão
Rúbrica do professor







Corte por A B

(Espaço reservado ao desenho á mão livre)

	Datas	I.S.T.	Candidato nº
Começado a lapis	/ /	Prova de Desenho	Nome
Desenhado a lapis	/ /		Bilhete de identidade nº
Passado a tinta	/ /		
Escala 1:1	LIGAÇÃO METALICA		Exame de aptidão
			(Rubrica do professor)

DO MUNDO TÉCNICO

Substituïção do aquecimento por combustão pelo aquecimento eléctrico durante a guerra

A guerra actual tem, como a última, por conseqüência a falta e o encarecimento dos combustíveis. É então necessário utilizar não só tôdas as espécies de combustíveis disponíveis: madeira, turfa, etc., mas também a energia eléctrica e particularmente o excesso gerado pelas instalações hidráulicas.

O desperdício económico que representaria em tempos normais a utilização de energia eléctrica para a produção de calor por meio de resistências, é perfeitamente admissível em tempo de falta de combustíveis, acrescentando ainda que o custo elevado dêstes últimos corresponde a um preço do kW superior ao da energia obtida em excesso.

Os recentes trabalhos do Prof. Dr. Bruno Bauer demonstram a possibilidade de utilizar a corrente eléctrica para o aquecimento de locais por meio da bomba térmica. Êste processo permite comunicar calor à água e ao ar, transformando-o pelo trabalho mecânico por meio da electricidade, para elevar a temperatura.

Êste método de obter calor exige, infelizmente, uma aparelhagem cara, comparada com o processo de aquecimento eléctrico directo por meio de resistências, de maneira que a bomba térmica não é pràticamente aplicável ao aquecimento de locais senão em casos especiais. A recuperação térmica mais vantajosa resulta das fracas diferenças de temperatura, devendo a do ambiente ser considerada como constante, resultando que a bomba térmica é sobretudo indicada para as instalações de aquecimento com água quente por radiação, que funcionam à volta de 50° C. e sobretudo nas instalações de aquecimento por ar quente onde a temperatura não é senão de 20 a 22° C. Os dois sistemas estão pouco divulgados hoje em dia, mas chamados a desenvolver-se para novas instalações importantes, particularmente em combinação com a bomba térmica. O sistema normal de aquecimento por água quente em radiadores, funcionando a temperaturas superiores, está, ao contrário, introduzido quási por tôda a parte.

A determinação do custo da corrente para o aquecimento eléctrico faz-se por meio do preço de equivalência, quere dizer, do preço por que pode ser pago 1 kW quando as despesas totais para a corrente, interêsse do capital, amortização, e a manutenção do aquecimento eléctrico são iguais às despesas totais correspondentes duma instalação de aquecimento por coque do mesmo rendimento.

As vantagens oferecidas pelo aquecimento eléctrico, asseio, ausência de cinzas e de escórias, de chaminé, de paiois de carvão, etc.; assim como a redução do pessoal de manutenção, não são tomadas em consideração se bem que sejam determinantes para a escolha da electricidade como meio de aquecimento, ainda que o preço da corrente resultante do cálculo de equivalência seja um pouco mais elevado.

Resulta do estudo do rendimento económico dos diversos sistemas de produção de calor para aquecimento central, que a bomba não é de aproveitar senão para instalações fornecendo de 160.000 a 360.000 kcal/h, consoante o preço do carvão, por conseguinte resultante do capital empatado. Para instalações onde a importância é inferior às cifras acima indicadas, é preciso recorrer ao aquecimento eléctrico por resistências directa, metálicas, ou por caldeiras com eléctrodos.

Até agora o aquecimento eléctrico foi sobretudo divulgado para pequenas instalações por resistência metálica de 0,5 a 5 kW, utilizadas normalmente só durante a estação transitória, mas é provável que a procura da corrente aumente em breve para o aquecimento central. Tratar-se-á sobretudo de instalações de água quente existentes que deverão ser transformadas sem muitas despesas para ser aquecidas elèctricamente. A indústria suíça está à altura de responder hoje a esta necessidade; ela dispõe de construções adaptando-se a tôdas as condições e a tôdas as potências que se podem apresentar na prática.

É indispensável prestar a maior atenção às condições de carga impostas à rêde de distribuïção a tensão reduzida por adjunção de instalações de aquecimento importantes. É geralmente impossível dispor de energia eléctrica para o aquecimento durante o dia e no momento das pontas de corrente. As despesas que necessitaria o engrandecimento das instalações de distribuïção e de transformação, assim como o aumento das secções dos cabos não se justificam senão raramente, dado o baixo preço da corrente de aquecimento. As centrais têm por outro lado o maior interêsse em realizar na medida do possível uma curva de carga constante, a-fim-de melhor poder utilizar as instalações existentes, o que é possível por meio da divulgação de caldeiras eléctricas combinadas com acomuladores de água quente, não utilizando a corrente senão em períodos determinados, logo que a rêde esteja menos carregada. Ainda que a adjunção de acomuladores de água quente encareça a instalação, êles são muitas vezes indispensáveis pelas razões indicadas.

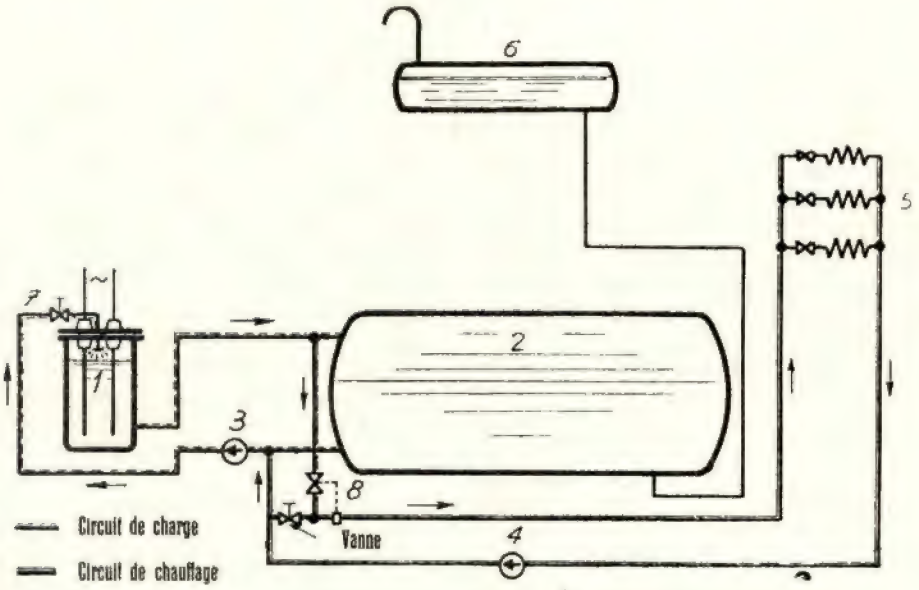
Uma instalação interessante foi executada pela Sociedade Brown, Boveri & Cie no edifício de administração da central eléctrica Jona-Rapperswil. Por razões análogas às descritas, a energia não era disponível senão durante a noite e às horas do meio dia, de modo que a acomulação do calor impunha-se.

A figura junta representa o esquema do aquecimento, que consta de uma caldeira eléctrica trifasada de 160 kW sob 300 volts com electrodos mergulhadores fixos (1), um acomulador de água quente (2) com uma capacidade de 10^{m3}, das bombas (3) e (4) destinadas respectivamente a encher e a esvaziar o acomulador, os radiadores (5) e um recipiente de expansão (6). Como órgãos de regulação não foram previstas senão as válvulas regulável (7) e a termostática (8). O rendimento máximo é de 80000 kcal/h à temperatura máxima de 80° C.

O modo de funcionamento da instalação de aquecimento torna possível a realização de temperaturas de 100° C. na caldeira e no acumulador com um sistema aberto, o que permite, graças às pequenas espessuras de paredes necessárias, reduzir as dimensões dêstes órgãos até os tornar mais pequenos que os de sistema aberto geralmente utilizados. O novo sistema apresenta então as vantagens combinadas da temperatura elevada de acumulação, até aqui só possível em sistema fechado, e das do sistema aberto, oferecendo uma segurança de marcha superior e custando menos cara.

A alta temperatura é realizada como se segue: a caldeira eléctrica é submetida à pressão de 7,5 m pouco mais ou menos da coluna de água do vaso de expansão, sendo a água reaquecida entre os electrodos pela passagem da corrente até à temperatura de saturação, por volta de 114° C., correspondente a esta pressão. O vapor que é gerado na caldeira, acumula-se na parte superior, onde se condensa devido à injecção constante por meio da bomba de circulação (3), de água arrefecida proveniente da corrente de retôrno do aquecimento ou da acumulação.

Em regime de marcha estabilizado, a corrente de água assim introduzida é exactamente suficiente para provocar a condensação de todo o vapor produzido. Se o rendimento da caldeira eléctrica aumenta e a quantidade de vapor produzida ultrapassa a que podia ser condensada pelo volume de água injectado, resulta uma ligeira elevação de pressão no interior da caldeira, fazendo baixar o nível da água. Os electrodos emergem diminuindo o rendimento até ao estabelecimento do estado de equilíbrio entre a energia eléctrica absorvida e o calor formado. Êste modo de regulação tem por resultado apanhar no acumulador a água expulsa da caldeira, donde ela expulsa a água fria que se encontrava na parte inferior, que sobe pela conduta até ao vaso de expansão. Se o rendimento da caldeira diminue, produz-se o circuito inverso.



A caldeira regula-se então automàticamente à temperatura de marcha, independentemente do volume e da temperatura de água introduzida. Se a temperatura e a quantidade de água ao voltar à caldeira são as mesmas, o rendimento fica também constante.

A válvula (7) permite regular à vontade o volume de água e por conseqüência o rendimento da caldeira para todos os valores entre zero e a plena carga.

Quando do enchimento do acumulador, a água quente da caldeira expulsa de cima a baixo a água acumulada arrefecida. Logo que o acumulador está cheio, é a água quente que é atirada pela bomba para a caldeira, o que provoca uma diminuïção automática da sua carga até zero e o vapor não se pode condensar mais. A descarga do acumulador tem lugar simples-

mente por meio da bomba de circulação (4) que atira parcialmente a água arrefecida da coluna de retôrno do aquecimento no acumulador, donde ela expulsa por sua vez um mesmo volume de água quente. Esta água quente mistura-se em proporções determinadas com o resto da água proveniente da coluna de retôrno passando pela válvula termostática (6), a-fim-de manter a temperatura de aquecimento desejada da coluna montante, que se pode relugar à vontade entre 40° e 80° C. por meio do termostato. O redimento e a descarga do acumulador podem comandar-se à vontade, simultâneamente ou separadamente.

A instalação é sobretudo notável pela sua grande simplicidade e a pouca vigilância de que necessita. Tôdas as manobras erradas, podendo provocar elevações de temperatura ou de pressão, ou desarranjos quaisquer, são completamente excluídas, de modo que a condução da instalação pode ser confiada a um pessoal não especializado.

O mesmo sistema de caldeira tem sido muitas vezes aplicado a instalações de aquecimento central sem acumulador, assim como em instalações comportando também caldeiras de aquecimento com coque e satisfez sempre inteiramente.

Quando, por exemplo, à hora das pontas, não se dispõe senão de uma quantidade reduzida de energia, o rendimento da caldeira pode ser momentâneamente reduzido por meio de aparelhos automáticos, sem que isto traga variações desagradáveis da temperatura nos locais habitados.

O sistema de aquecimento descrito convém particularmente aos edifícios de administração, escolas, hospitais, fábricas, etc., onde a sua possível aplicação interessará os órgãos competentes.

Da revista *La Suisse Industrielle et Commerciale et Technique Suisse*

NOTAS BIBLIOGRÁFICAS

La Industria del Cemento en España

Por D. PATRICIO PALOMAR
Barcelona, 1940

Nesta obra, o seu autor, a quem devemos a magnífica Revista «Cemento», não só trata magistralmente da situação da indústria do cimento em Espanha, como desta indústria dum modo geral.

Aconselhamos a sua leitura a todos os que se interessam pela indústria do cimento, certos de que lhes agradará imenso, pela soma de dados de ordem económica e técnica que o Engenheiro D. Patrício Palomar apresenta no seu livro.

Neste trabalho, como nos que anteriormente publicou o Engenheiro D. Patrício Palomar, ficam bem patentes as suas invulgares qualidades como técnico e publicista.

T. L.

PUBLICAÇÕES RECEBIDAS

Publicações não periódicas

Estatística das Instalações Eléctricas em Portugal — Ano de 1939.

Publication du Laboratoire de Physique de L'Université de Coimbra — N.º 4.

Bulletin des Estudes Portugueses et de Institut Français au Portugal — Dezembro de 1940.

Publicações periódicas

PORTUGAL

ANAIS DO CLUB MILITAR NAVAL — Janeiro e Fevereiro de 1941.

BOLETIM DA ORDEM DOS ENGENHEIROS — N.º 40 — Maio de 1941.

BROTÉRIA — Junho-1941.

GAZETA DOS CAMINHOS DE FERRO — N.os 1283 e 1284.
GIL VICENTE — Março-Abril de 1941.
OCIDENTE — Junho de 1941.
INDÚSTRIA PORTUGUESA — Abril de 1941.
RÁDIO-MOÇAMBIQUE — Janeiro-Fevereiro, 1941.
SEARA NOVA — N.os 720-725.

ARGENTINA

LA INGENIERIA — Março de 1941.
CIENCIA Y TECNICA - REVISTA DEL CENTRO DE ESTUDIANTES DE INGENIERIA — Abril de 1941.
INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACION DE MATERIALES — Março de 1941.

ESPANHA

DINA — REVISTA DA ASSOC. NACIONAL DE ENGENHARIA INDUSTRIAL — Junho de 1941.

HUNGRIA

TECHNIKA — N.º 5 de 1941.

ITALIA

L'ORGANIZAZIONE SCIENTIFICA DEL LAVORO — Maio 1941.
ANNALI DEI LAVORI PUBLICI — Fevereiro de 1941.
L'INGEGNERE — N.os 3 e 4 de 1941.
L'ELECTROTECNICA — Abril de 1941 e Suplemento.

SUECIA

ASEA-REVUE — Julho-Novembro de 1940.

SUÍÇA

REVUE BROWN BOVERI — Maio de 1941.
REVUE DES ROULEMENTS À BILLES — N.º 4, 1939.
BULLETIN SÉCHERON — N.º 12, 1941.

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA, DOS ALUNOS DO I. S. T.

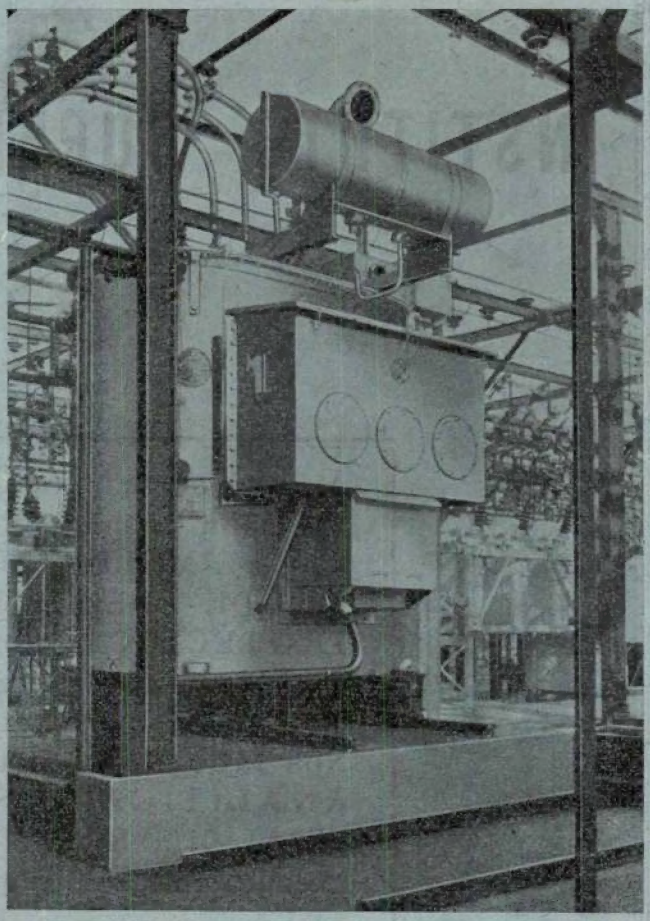
DIRECTOR: CARLOS KRUS ABECASIS
ADMINISTRADOR: NUNO ABRANTES
BIBLIOTECÁRIO: LUIZ DE ALMEIDA ALVES
CORPO REDACTORIAL: VASCO MENDES DE SOUSA, JOSÉ FARIA DA FONSECA SANTOS, MILITÃO ROSA PEREIRA, SILVÉRIO DA SILVA.

Propriedade e Edição da A. E. I. S. T.

GENERAL ELECTRIC

Schenectady, N. Y.

Motores e dinamos. Alternadores. Transformadores. Aparelhos para alta e baixa tensão. Centrais termo e hidro-eléctricas. Instalações para melhorar o factor de potência. Tracção eléctrica. Máquinas, transformadores e electrodos para soldadura eléctrica. Fornos eléctricos. Automotoras eléctricas e Diesel--eléctricas. Turbinas de vapor. Aparelhos de iluminação. Instrumentos de medida. Cabos e fios. Electrificação de fábricas. Comandos eléctricos especiais para fábricas téxteis, fábricas de papel, etc. Máquinas frigoríficas.



Transformador trifásico com regulação da tensão em carga

THOMSON GENERAL ELECTRIC

Portuguesa, L.da

LISBOA

Rua do Norte, 5

Telef. 28135-28136

OFICINAS E LABORATÓRIOS

DO

INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

As oficinas pedagógicas do Instituto Superior Técnico, de CARPINTARIA DE MOLDE, de INSTRUMENTOS DE PRECISÃO e de ELECTROTÉCNICA, fornecem todo o género de material escolar e de demonstração para o ensino técnico. Nos laboratórios de QUÍMICA ANALÍTICA, FÍSICA INDUSTRIAL E DE MINERALOGIA executam-se análises para o público

Para quaisquer informações, dirigir-se ao secretário da comissão executiva

EMPRÊSA DE SONDAGENS E FUNDAÇÕES, L.DA

COM

Eng. Ricardo E. Teixeira Duarte

(um quarto de século de especialização técnica)

Sondagens geológicas

—

Poços artezianos

—

Rebaixamentos do nível freático

—

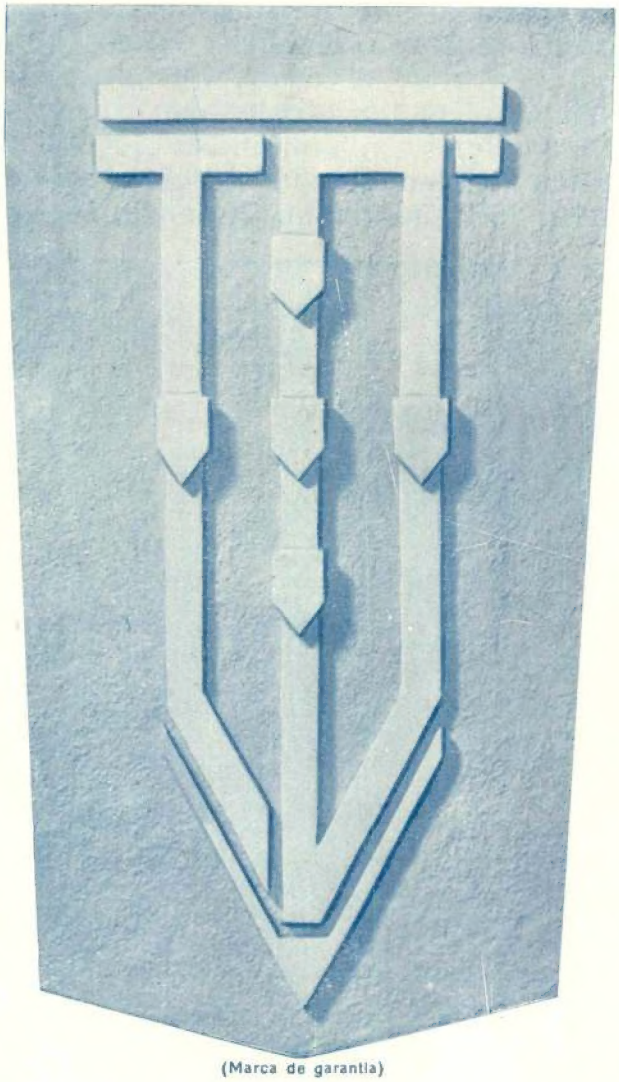
Consolidações do solo

—

Impermeabilização de rochas

—

Captações de água subterrânea



(Marca de garantia)

Fundações de todos os géneros

—

Alicerces económicos

—

Estacas de todos os tipos

—

Consolidação de más fundações

—

Obras hidráulicas

—

Obras subterrâneas

LISBOA — RUA AUGUSTA, 280, 3.º E 4.º

TELEFONE 2 3962

SOCIEDADE ANÓNIMA

BROWN, BOVERI & CIE.

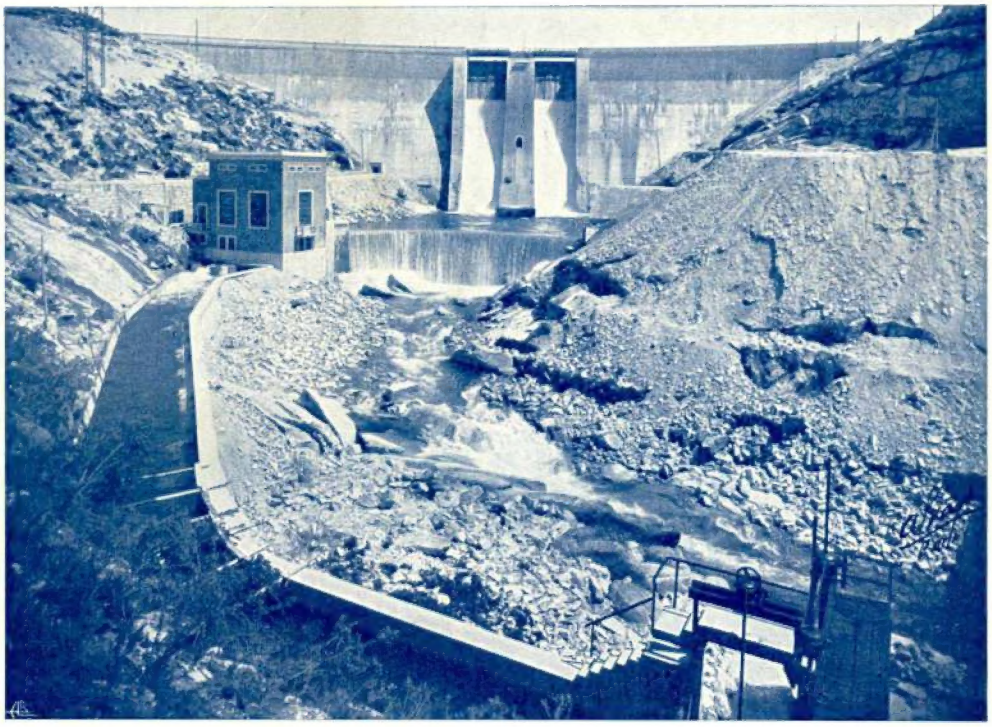
BADEN (SUISSA)

Representante geral para Portugal e Colónias:

EDOUARD DALPHIN

Escritório Técnico: Rua de Passos Manuel, 191, 2.º // PORTO // Tel. 2 411

Máquinas eléctricas, transformadores, mutadores, aparelhos para alta e baixa tensão. Montagem completa de centrais termo e hidro-eléctricas. Electrificação de fábricas e de caminho de ferro. Locomotivas, e auto-motoras eléctricas e Diessel-eléctricas. Máquinas de extracção. Turbinas a vapor. Geradores de vapor Velox. Máquinas frigoríficas. Grupos e transformadores para a soldadura pelo arco. Fornos eléctricos. Comandos eléctricos especiais para tôdas as máquinas utilizadas nas Fábricas de Fiação, Tecelagem, Acabamentos, Estamparia, Cimento, Moagem, etc.



Barragem do Ermal, da Companhia Electro-Hidráulica de Portugal, com 20 milhões de metros cúbicos de capacidade da albufeira. Na parte central, duas comportas automáticas, da casa construtora «Ateliers des Charmilles», de 9 × 5 metros, para a evacuação das cheias. Em baixo, a central automática de Guilhofrei (I) com uma turbina vertical tipo Kaplan (Ateliers des Charmilles) de 2750 cavalos e o canal de condução da água à central do Ermal (central II) com uma turbina vertical tipo Francis de 6250 cavalos (Ateliers des Charmilles) e duas horizontais (Escher-Wyss) de 500 e 1500 cavalos. Tôda a parte eléctrica (alternadores, transformadores, aparelhos de 2000 e 30000 Volts) da casa BROWN, BOVERI & Cie.